Edson Luís Piroli

Manejo integrado de bacias hidrográficas para produção de água

Exercícios aplicados ao rio Pardo

Manejo integrado de bacias hidrográficas para produção de água

EDSON LUÍS PIROLI

MANEJO INTEGRADO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS PARA PRODUÇÃO DE ÁGUA

EXERCÍCIOS APLICADOS AO RIO PARDO

“Pra defender
o rio me chame,
Se amanhã for tarde
não reclame”

Canção “Rio Pardo”,
de Guca Domenico

À minha família, base de tudo:

aos meus pais Ida Seidler Piroli e Domingos Piroli,
aos meus irmãos Sílvia e Marcos,
aos meus filhos, Victória, Valkíria e Vinícius,
à Marisa Ribeiro de Lima Piroli, minha esposa,
pelo estímulo,
pelo apoio,
pelo amor.

à minha neta Giulia,
por trazer a luz,
a esperança e
a motivação para
a Vida continuar.

À Fernanda Bomfim Soares,
pela elaboração de parte dos mapas apresentados neste livro e que nos deixou prematuramente. Será para sempre, além de uma grata e terna lembrança, um exemplo!

Sumário

Apresentação

Uma das questões mais sérias enfrentadas pela humanidade na atualidade no que diz respeito à questão ambiental, e que perpassa por todas as demais questões do dia a dia das pessoas, sejam elas de natureza econômica, social, cultural, ou outras, é o acesso à água. Isso porque ela está presente no corpo, nas ações e na vida de cada indivíduo, o tempo todo. Desde um simples cafezinho, até o mais elaborado dos produtos industriais, tudo o que a humanidade produz demanda água em alguma de suas fases de produção. Ou em todas.

E essa água precisa vir de algum lugar. Esse lugar normalmente é um rio, uma lagoa, uma represa, ou o subsolo, onde a água infiltra após passar pela superfície. E, em praticamente todos esses casos, o território superficial onde a água está ou por onde passou é uma bacia hidrográfica. Esta é uma área delimitada pelas porções mais altas do relevo, que direciona a água das chuvas para um mesmo córrego ou rio. Nas bacias as águas também infiltram no solo, recarregando o lençol freático e os aquíferos livres, que darão origem às nascentes, que manterão os corpos d'água fluindo nos períodos em que não estão ocorrendo precipitações.

Com esses dois parágrafos já é possível perceber que as bacias hidrográficas são parte integrante da vida diária das pessoas, mesmo

que elas não saibam. Além disso, pode-se afirmar que as bacias são cruciais na segurança hídrica, que é a capacidade de atendimento de todas as demandas dos diferentes usos da água, seja pelas atividades antrópicas, pelas espécies animais e vegetais ou ainda para a manutenção dos ecossistemas.

Foi com a segurança hídrica que a humanidade contou ao longo de sua evolução, que se deu sempre a partir de fontes de água (seja por poço, por nascente ou por outros corpos d'água), para prosperar e conseguir ocupar áreas cada vez mais distantes dos mananciais.

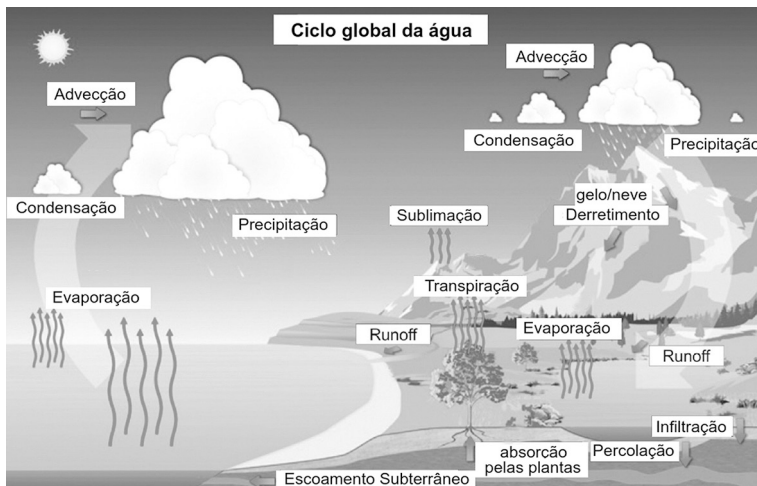
A segurança hídrica sempre esteve diretamente relacionada ao ciclo da água. Ou seja, à capacidade de evaporação das águas dos grandes reservatórios, com preponderância dos oceanos, além da evaporação dos solos e das plantas (evapotranspiração) e dos demais seres vivos. Esta água evaporada, sempre foi transportada sobre a superfície do planeta, aumentando a concentração de vapores até o ponto em que ocorrem as precipitações. Estas, ao acontecerem sobre os solos dos continentes, sempre infiltraram água neles e nos seus lençóis freáticos e aquíferos. E, a água acumulada dentro dos perfis do solo, sempre voltou à superfície por fendas nas rochas ou por acúmulo nas áreas mais baixas do relevo, nas nascentes. A Figura 1 mostra como ocorre este ciclo: o ciclo da água.

As nascentes sempre alimentaram os córregos, que alimentaram os riachos, que alimentaram os ribeirões, que permitiram que os rios existissem, em um ciclo infinito, alternando períodos com mais ou menos água, mas sempre com água (salvo casos de nascentes e rios que não tem água em alguns períodos do ano devido à características locais específicas).

Estas condições permaneceram em relativo equilíbrio por milênios. No entanto, nas últimas décadas, período em que a humanidade passou a controlar mais técnicas de produção e a ampliar a ocupação de áreas do território das bacias hidrográficas, este equilíbrio tem sido afetado e em algumas regiões, comprometido.

Conforme o domínio da natureza e de técnicas de ocupação do espaço e de produção foram se aperfeiçoando e intensificando, áreas cobertas com vegetações nativas, onde as taxas de infiltração, de

Figura 1 – Ciclo da água

Fonte: https://lhmet.github.io/hidrometeobook/ciclo-hidrol%C3%B3gico.html

escoamento superficial, de evaporação e de evapotranspiração eram equilibradas, foram sendo modificadas e substituídas por atividades agropecuárias, infraestruturas e núcleos urbanos. Nestas novas condições, a relação entre as taxas de infiltração e de escoamento superficial mudaram, normalmente reduzindo-se a primeira e aumentando a segunda.

Com a redução na infiltração, reduziu-se a recarga do lençol freático, o que tem reduzido o volume de água das nascentes. Estas com menos água, não conseguem manter córregos, riachos, ribeirões e rios caudalosos. E estes com menos água, tem mais dificuldade de atender as demandas das pessoas e demais componentes dos seus ecossistemas por períodos de tempo cada vez maiores.

Este contexto de mudanças na cobertura do solo, das taxas de infiltração e de redução da água dos rios, tem piorado à medida em que as necessidades de água aumentam, com o aumento da população, com a intensificação do uso da água nas suas inúmeras atividades e com o aumento da demanda por alimentos, o que, em um contexto de mudanças climáticas e de ressecamento dos continentes, demanda mais água, via irrigação.

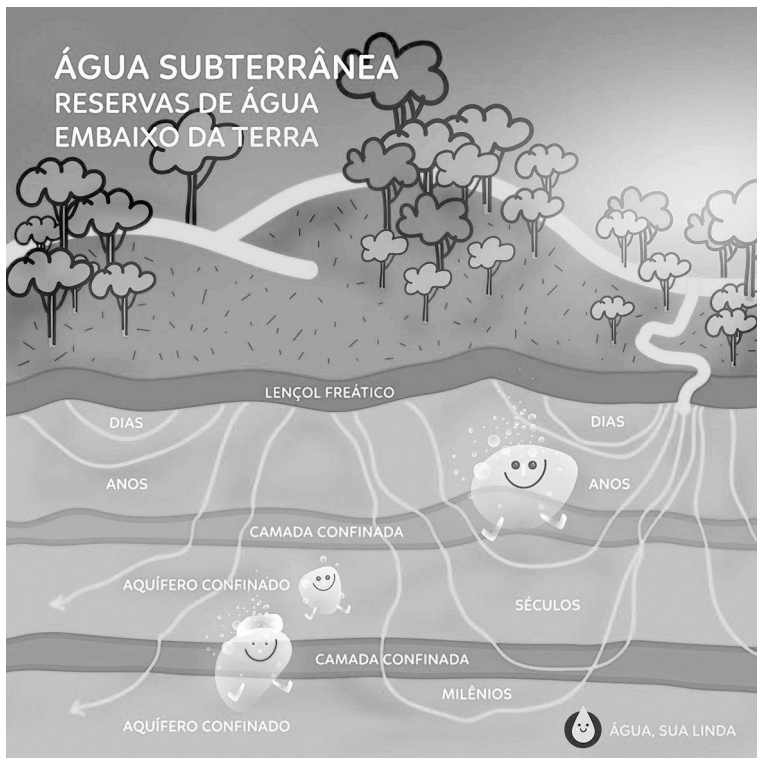
Então chega-se a uma equação de difícil solução, onde quanto mais se precisa de água e quanto mais se retira ela do ambiente, menos água sobra nos corpos d'água e no subsolo, o que compromete a segurança hídrica de todos. Soma-se a essa situação a poluição e a contaminação de muitos corpos d'água, o que reduz ainda mais a água disponível ou exige processos de tratamento caros e demorados para que possa ser utilizada.

Esta realidade aqui sintetizada pode ser replicada em quase todos os rios do mundo, cujas bacias estejam em sua maior parte antropizadas. Esta é também a realidade da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo (BHRP), cujo rio atende com suas águas a população de cidades como Botucatu, Pardinho, Itatinga, Avaré, Santa Cruz do Rio Pardo e Ourinhos, no Estado de São Paulo. Nestas áreas urbanas, as águas do Rio Pardo contribuem para a dessedentação e saúde das pessoas, para atividades industriais, comerciais, educacionais, culturais, e todas as demais. Além disso, o rio Pardo e seus afluentes atendem a todas as demandas nas áreas rurais dos municípios de toda bacia, contribuindo também para que a região tenha altos índices de produção agropecuária, o que faz com que seja ampliada ainda a segurança alimentar.

Embora ao longo de sua história o Rio Pardo tenha se mantido firme no papel de fornecedor de água para o ecossistema e para a população, nos últimos anos tem dado sinais de exaustão. O aumento do uso de suas águas em todo território da bacia tem cobrado um alto preço do rio. A construção de represas em seu leito e de seus afluentes tem controlado suas águas e comprometido sua capacidade ecossistêmica, e até de atendimento das demandas de seus usuários. A intensificação da irrigação, principalmente por pivôs centrais, tem retirado consideráveis volumes de água do leito do Rio Pardo e de seus afluentes, além de também retirar água do subsolo e dos aquíferos subterrâneos, fazendo com que a recarga de nascentes seja ainda mais comprometida e as reservas de água subterrânea diminuam constantemente.

Na mesma linha, municípios e particulares tem perfurado cada vez mais poços profundos, que trazem água de grandes

Figura 2 – Camadas e tempo de recarga da água no subsolo

Fonte: https://agua-sua-linda.tumblr.com/post/137629988043/mais-de-30-da-%C3%A1gua-doce-existente-na-terra-est%C3%A1

profundidades, que atende as necessidades de maneira quase imediata, mas que é difícil de ser reposta via recarga, devido ao grande tempo necessário para que a água chegue até altas profundidades. A Figura 2 mostra o tempo aproximado para a recarga das águas profundas.

No que se refere ao equilíbrio natural e a capacidade de produção de água, a bacia hidrográfica do Rio Pardo está sendo super utilizada, sob a ótica do uso de suas águas, tanto superficiais, quanto subterrâneas. Assim, é necessário que toda população moradora na área, juntamente com seus representantes eleitos e servidores públicos inicie um processo de redução da intensificação de uso e de

reversão de perda das águas, sob pena de ter todo seu modelo de produção e de vida irremediavelmente comprometido em pouco tempo.

Esse processo é denominado de manejo integrado da bacia hidrográfica. Nele são desenvolvidas ações de sensibilização, conscientização e educação ambiental junto à toda população residente ou que desenvolva atividades no território da bacia, incluindo pesquisadores, professores, gestores municipais e estaduais, representantes eleitos e membros de todos os poderes que tenham poder de decisão sobre o território da bacia ou parte dele. Ao mesmo tempo devem ser desenvolvidas atividades visando o planejamento e a gestão sustentável do uso da terra e da água na bacia. Para que esse conjunto de ações seja posto em prática é fundamental que a área esteja inserida em um comitê de bacia hidrográfica (CBH) e que este seja proativo na busca do desenvolvimento regional equilibrado.

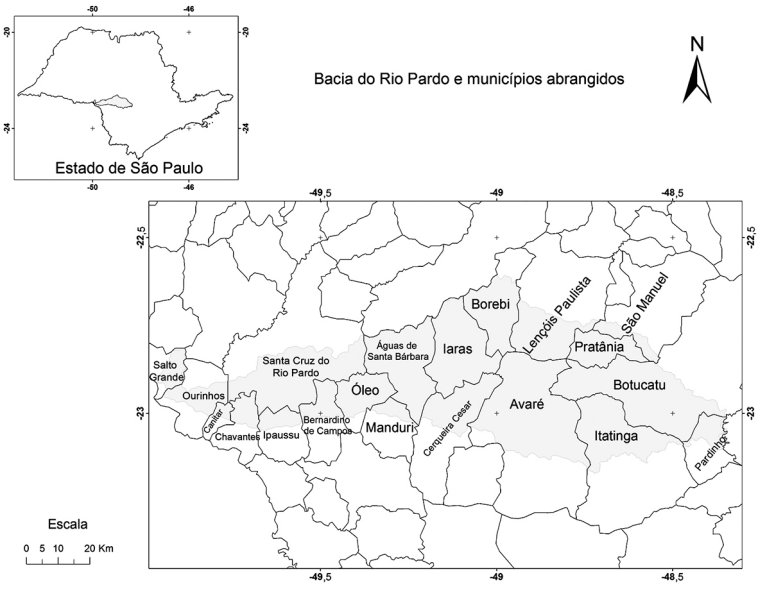
No caso da BHRP, ela está inserida no CBH do Médio Paranapanema e também do Rio Paranapanema, por estar contida em território de bacia federal, uma vez que o Rio Paranapanema faz a divisa dos estados do Paraná e São Paulo.

Este livro se propõe a trazer um conjunto de reflexões sobre técnicas de manejo integrado de bacias hidrográficas visando a produção de água e a manutenção da segurança hídrica. Para facilitar a compreensão do leitor, os exemplos serão trabalhados na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo (BHRP), tributária da margem direita do Rio Paranapanema, localizada integralmente no Estado de São Paulo.

1
A bacia hidrográfica do rio Pardo

A Bacia Hidrográfica do Rio Pardo (BHRP) está situada no centro-sul do estado de São Paulo, uma região com importante produção agropecuária, industrial e comercial, que tem as nascentes, córregos, riachos, ribeirões e o Rio Pardo como fonte de água para o desenvolvimento destas atividades, bem como para o abastecimento das diversas cidades localizadas ao longo de suas margens. A água provida pelo Rio Pardo e seus afluentes é fundamental para centenas de milhares de pessoas residentes nas áreas dos municípios de Pardinho, Botucatu, Itatinga, Avaré, Pratânia, São Manuel, Lençóis Paulista, Borebi, Iaras, Cerqueira Cesar, Manduri, Óleo, Águas de Santa Bárbara, Bernardino de Campos, Ipaussu, Santa Cruz do Rio Pardo, Chavantes, Canitar, Ourinhos e Salto Grande. Suas águas ou de seus afluentes banham as áreas urbanas de todos estes municípios, com exceção de São Manuel, Lençóis Paulista e Borebi. A Figura 3 mostra a localização da bacia no estado de São Paulo e a área dos municípios abrangidas por ela.

Mesmo no contexto de ampliação da ocupação do solo da sua bacia e da água do seu leito ocorridos nas últimas décadas, o Rio Pardo ainda pode ser considerado um dos rios mais bem preservados do estado de São Paulo, em função das características naturais dos solos e rochas por onde corre e da vegetação de suas margens. Tem

Figura 3 – Localização da BHRP e área dos municípios nela inseridos

Fonte: elaborado pelo autor

sua nascente principal na Serra do Limoeiro ao sul da área urbana do município de Pardinho/SP (nas coordenadas 23°06’06” sul e 48°21’48” oeste). A área da primeira nascente do Rio Pardo pode ser vista na Figura 4, destacada pelo círculo branco.

Figura 4 – Nascente principal do Rio Pardo

Fonte: Google Earth, acesso em 25 mar. 2022

A foz do Rio Pardo está localizada no município de Salto Grande (SP), à sudeste da área urbana, nas coordenadas 22°54'42,2" sul e 49°57'57" oeste, onde despeja suas águas no Rio Paranapanema (Figuras 5 e 6).

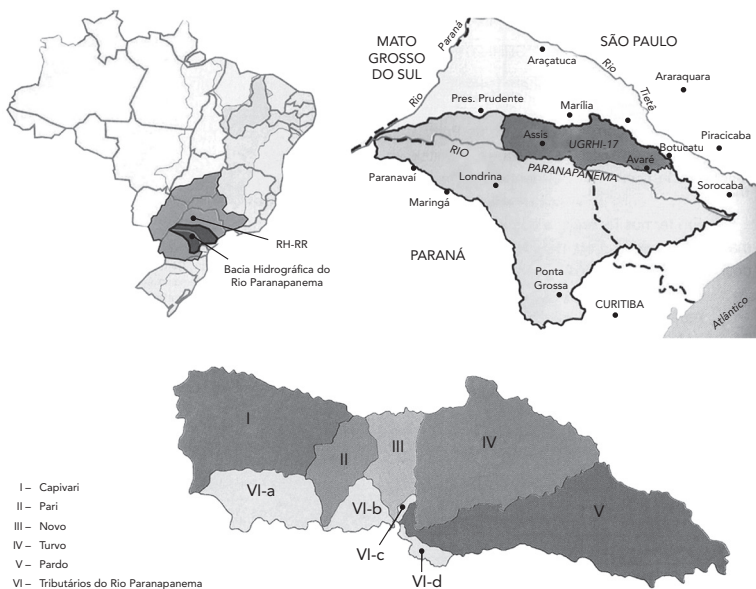
Figura 5 – Foz do Rio Pardo no Rio Paranapanema, próximo à cidade de Salto Grande (SP)

Fonte: Google Earth, acesso em 25 jan. 2020

Figura 6 – Foz do rio Pardo, no município de Salto Grande, onde deságua no rio Paranapanema

Foto: acervo pessoal do autor

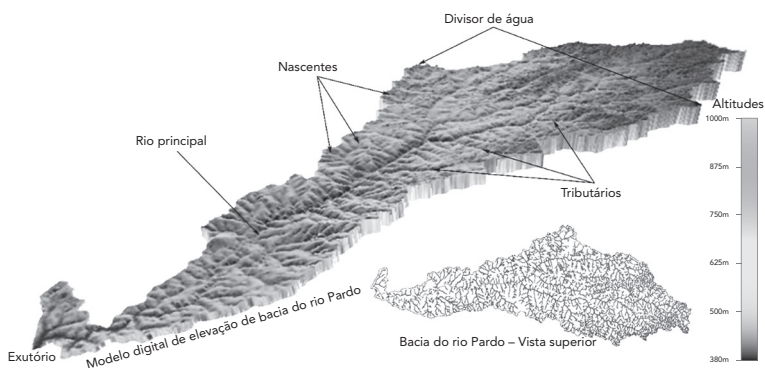
Considerando-se seu leito principal, o Rio Pardo percorre 264 quilômetros desde sua primeira nascente até a foz. A área da BHRP está situada na porção norte da Bacia Hidrográfica do Rio Paranapanema e à Leste na Região Hidrográfica do Paraná, entre os paralelos 22°15'e 23°15' de Latitude Sul e os meridianos 48º 15' e 50º 00' de Longitude Oeste. A Figura 7 mostra a hierarquia da BHRP no contexto hidrográfico brasileiro.

Figura 7 – Região hidrográfica do Paraná, bacia hidrográfica do rio Paranapanema (Federal), Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – 17 (médio Paranapanema) e Unidades Hidrográficas principais da UGRHI – 17 (V – Rio Pardo, objeto deste trabalho). Sem escala

Fonte: Piroli, 2013

No sistema paulista de gerenciamento de recursos hídricos, a bacia do Rio Pardo faz parte da Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos – 17 (UGRHI-17), que contém os rios tributários do Médio Paranapanema. Ela é denominada de UPH (Unidade de Planejamento Hídrico) do Rio Pardo.

2
Características físicas da bacia hidrográfica do rio Pardo

As bacias hidrográficas são áreas da superfície terrestre definidas pelo escoamento superficial e subsuperficial das águas das chuvas, que ao caírem, são direcionadas, a partir dos divisores de água, para as regiões mais baixas do relevo, pela força da gravidade, predominantemente por ravinas, canais, córregos e tributários, até atingir o rio principal. Os divisores de águas estão localizados nas áreas mais altas do relevo, e, a partir deles as águas precipitadas em uma chuva

Figura 8 – Representação da BHRP tridimensionalmente

Fonte: elaborado pelo autor

são direcionadas para os rios de uma bacia hidrográfica ou para outra, sua vizinha, a partir do divisor topográfico. A Figura 8 mostra a bacia hidrográfica do Rio Pardo em imagem tridimensional.

Características climáticas da BHRP

De acordo com IBGE (2002) o clima da região onde a área da BHRP está inserida é classificado como Tropical Brasil Central, subquente (com temperaturas médias entre 15 e 18° C em pelo menos um mês), úmido. Ao sul do planalto, nas margens do rio Paranapanema, aparecem faixas de clima tropical, com verão quente, sem estação seca de inverno, do tipo Cfa. O mapa climático de São Paulo, demonstra que na região das cabeceiras da bacia predomina o clima Cfb.

O mapa de clima da bacia hidrográfica do Rio Pardo apresenta as características climáticas com base na distribuição e variação das temperaturas e precipitações, seguindo as classificações de Rodriguez e Chaple (2009) que atribuíram duas divisões climáticas para a bacia hidrográfica (Figura 9):

- Tropical Subquente Úmido: apresenta meses secos no inverno, e chuvosos no verão com índices pluviométricos entre 1300 e 1500mm no ano. As temperaturas médias variam de 21ºC a 23ºC e ocorrem em toda a faixa central e oeste da bacia hidrográfica;
- Subtropical Brando Superúmido: apresenta chuvas o ano todo, precipitando em alguns casos acima de 1500mm, com verão quente, inverno brando e temperaturas entre 19°C e 21°C. Ocorre no extremo leste da bacia hidrográfica onde estão as altitudes mais elevadas.

O mapa da pluviosidade média da BHRP (Figura 10) e o mapa da temperatura média da BHRP (Figura 11) foram produzidos com dados obtidos pela NASA a partir da plataforma Giovanni, que possibilitou o cálculo das médias mensais de chuvas e temperaturas

Figura 9 – Mapa do Clima na bacia hidrográfica do rio Pardo

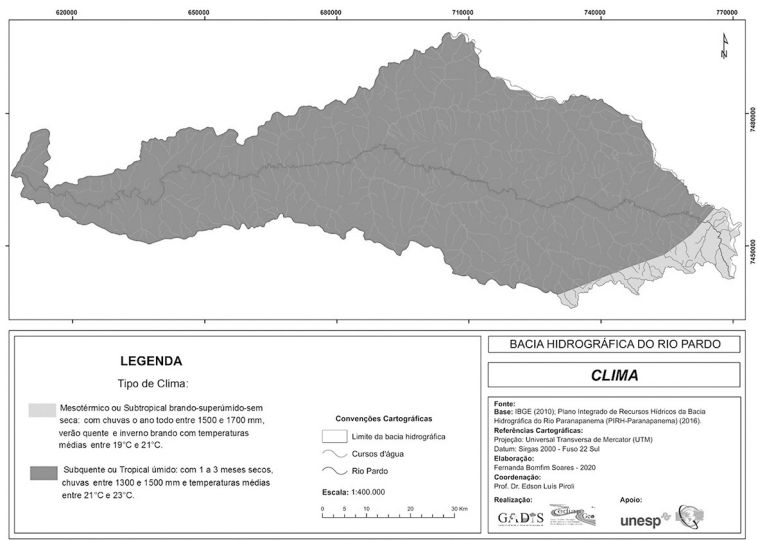



Figura 10 – Mapa da pluviosidade média na bacia hidrográfica do rio Pardo

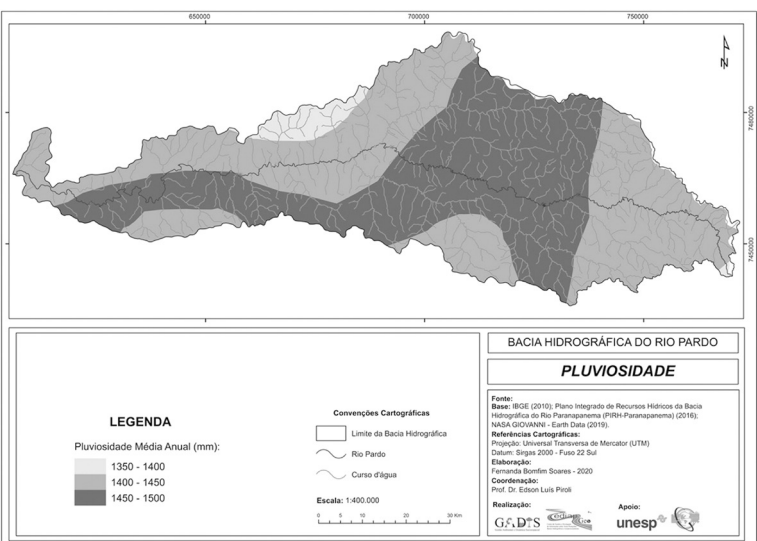
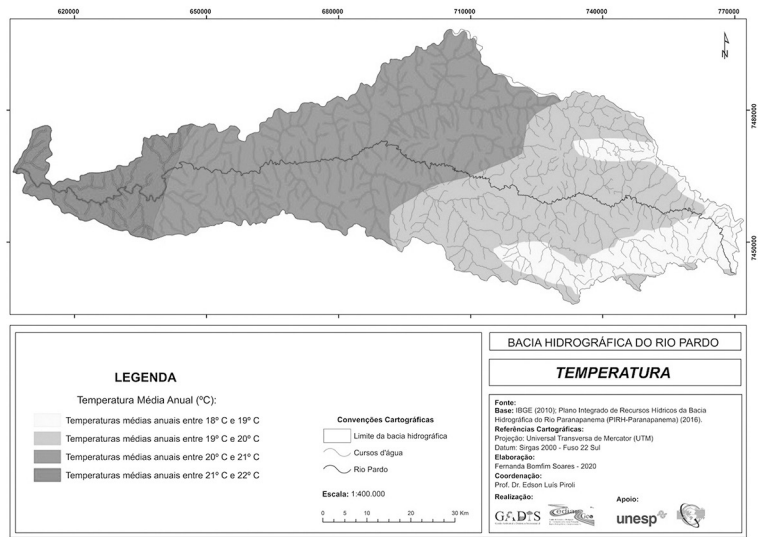
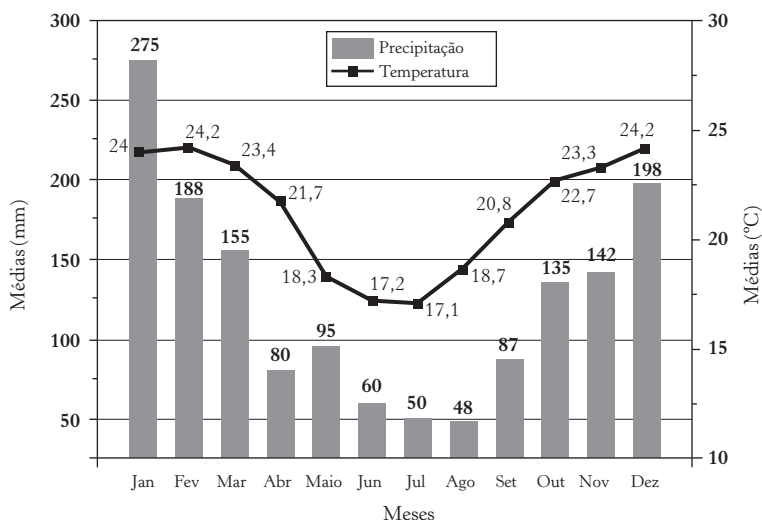



Figura 11 – Mapa da temperatura média na bacia hidrográfica do Rio Pardo

por 20 anos (entre 1998 e 2018). Utilizou-se para conferência e correções, os dados e informações presentes no Plano de Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paranapanema (PIRH) de 2016.

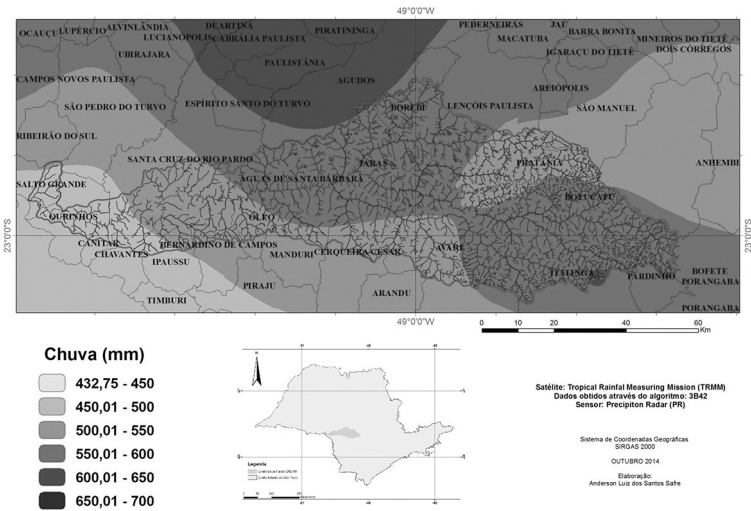
A bacia hidrográfica do Rio Pardo apresenta áreas com temperaturas altas que ocorrem na parte oeste da bacia hidrográfica, na sub-bacia do Baixo Pardo, variando anualmente entre 20°C e acima de 22°C. A porção leste da bacia hidrográfica, principalmente no extremo da sub-bacia do Alto Pardo, compreende as temperaturas mais amenas entre 18°C e 20°C (Figura 11).

De acordo com Soares (2020) a pluviosidade e a temperatura são informações importantes para a compreensão da distribuição e da concentração de chuvas e da sua relação com o aumento das temperaturas, já que o índice pluviométrico e a temperatura média influenciam no clima e, principalmente, nas dinâmicas do relevo, pois podem intensificar a formação de processos erosivos, inundações, diminuição ou aumento da umidade no solo, entre outros.

As análises demonstram que a região central da bacia hidrográfica do Rio Pardo e toda a sub-bacia do baixo Pardo, apresentam as maiores precipitações médias, entre 1.540mm e 1.560mm de chuvas. A Figura 12 mostra a precipitação média mensal de 1998 a 2018 da BHRP. Nela é possível ver que os períodos mais chuvosos ocorrem entre outubro e março (primavera e verão) quando são acumulados aproximadamente 1.000mm. Já os meses mais secos vão de abril a setembro (outono e inverno). Neste período o acúmulo de chuvas alcança aproximadamente 480mm.

Figura 12 – Climograma das médias mensais da BHRP no período de 1998 a 2018

Elaboração: Fernanda Bomfim Soares, 2020

A Figura 13 mostra a média de precipitação no verão (época de maior concentração de chuvas) durante o período 2001-2011 na bacia do Rio Pardo elaborada por Safre e Manzione (2015). Nela é possível ver que ao longo desse período a distribuição das chuvas na BHRP é mais ou menos homogênea com maior ocorrência de precipitações na região das cabeceiras da bacia e ao norte do seu médio curso.

Figura 13 – Média de precipitação no verão durante o período 2001-2011 na bacia do Rio Pardo

Fonte: Safre & Manzione (2015)

Características do relevo da BHRP

A área da BHRP está localizada na Bacia Sedimentar do Paraná, tendo suas principais nascentes no Planalto Residual de Botucatu, onde os modelados dominantes são as colinas com topos amplos, cujas altitudes variam entre 600 e 900 metros, com declividades dominantes entre 10 e 20%. A região central e a foz da bacia do Rio Pardo encontram-se localizadas no Planalto Centro Ocidental onde os modelados dominantes são as colinas amplas e baixas com altitudes variando entre 300 e 600 metros, e com declividades dominantes entre 10 e 20% (Ross; Moroz, 1997).

As maiores altitudes da BHRP são superiores a 850 metros, com relação ao nível médio dos mares, alcançando até pouco mais de 1000 metros no divisor de águas no município de Pardinho. A Figura 14 apresenta o mapa hipsométrico e a Figura 15 mostra o mapa de declividade da BHRP.

Figura 14 – Mapa hipsométrico da BHRP

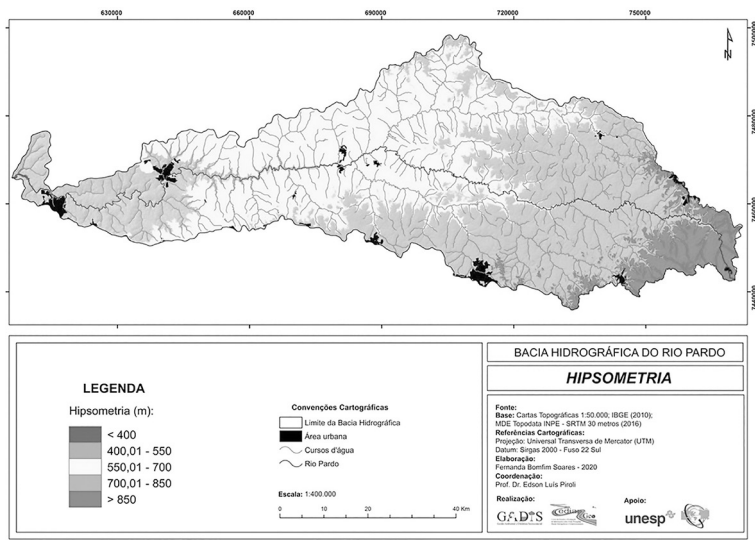



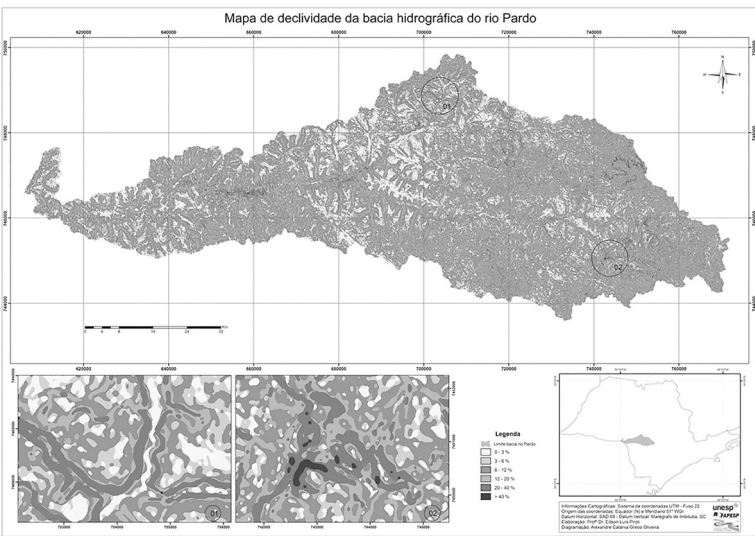
Figura 15 – Mapa de declividade da BHRP

A maior parte das terras da bacia (mais de 70%) se encontram nas declividades entre 3 e 12%, o que explica a alta taxa de ocupação agrícola de sua área, e também o grande desmatamento ocorrido na BHRP ao longo de sua história. A Tabela 1 apresenta as áreas abrangidas por cada uma das classes de declive em toda área da bacia do Rio Pardo.

Tabela 1 – Classes de declive e respectivas áreas na BHRP

Declividade (%)	Área total (km²)	Porcentagem da área total (%)
0 – 3	871,04	18,14
3 – 6	1.564,84	32,59
6 – 12	1.818,13	37,83
12 – 20	490,86	10,22
20 – 40	57,95	1,21
> 40	0,30	0,01
Total	**4.803,12**	**100**

Características dos solos da BHRP

As características dos solos de uma bacia hidrográfica influenciam fortemente na sua vocação de uso e nas potencialidades e fragilidades, determinando as técnicas de manejo necessárias, os investimentos e outras ações para manutenção de sua fertilidade. Além disso, o conhecimento dos solos permite que sejam mantidas as taxas de infiltração de água e que sejam adotadas estratégias para redução do escoamento superficial das águas das chuvas, o que poderá evitar processos erosivos e consequentemente o assoreamento dos corpos d'água.

Na bacia hidrográfica do rio Pardo existem vários tipos de solos (Figura 16), com a maioria deles bem desenvolvidos, predominantemente os Latossolos e Argissolos. De acordo com Oliveira et al. (1999), os Latossolos são solos minerais, homogêneos, com pouca diferenciação entre os horizontes ou camadas, reconhecido

facilmente pela cor quase homogênea do solo ao longo do perfil. Os Latossolos são profundos, bem drenados e com baixa capacidade de troca de cátions, com textura média ou mais fina (argilosa, muito argilosa) e, com mais frequência, são pouco férteis.

De acordo com Soares (2020) na bacia hidrográfica do rio Pardo os Latossolos Vermelho-Amarelos distróficos, presentes no extremo das sub-bacias dos rios Novo e Claro, são solos normalmente identificados em extensas áreas, dispersas em todo o território nacional, associados aos relevos plano, suave ondulado ou ondulado. Ocorrem em ambientes bem drenados, sendo muito profundos e uniformes em características de cor, textura e estrutura em profundidade. São muito utilizados para agropecuária apresentando limitações de ordem química e em profundidade ao desenvolvimento do sistema radicular.

A Embrapa (2014) informa que é nos Latossolos Vermelhos onde é produzida a maior parte dos grãos no Brasil, pois estes ocorrem predominantemente em áreas de relevo plano e suave ondulado, facilitando a mecanização agrícola. Em áreas menores podem ocorrer em relevos ondulados. São solos profundos e porosos ou muito porosos, e assim apresentam condições adequadas para um bom desenvolvimento radicular em profundidade, principalmente se forem eutróficos (de fertilidade alta). Porém, se forem álicos o potencial nutricional destes solos será bastante reduzido, uma vez que existe a "barreira química" do alumínio que impede o desenvolvimento radicular em profundidade.

Os Latossolos Vermelho distróficos se caracterizam por terem baixa fertilidade. Os Latossolos Vermelho distroférricos são solos de baixa fertilidade e com altos teores de ferro. Os Latossolos Vermelho eutroférricos são solos que possuem alta fertilidade e altos teores de ferro. Todos esses solos se concentram na parte central da BHRP e em grande parte da sub-bacia do Baixo Pardo.

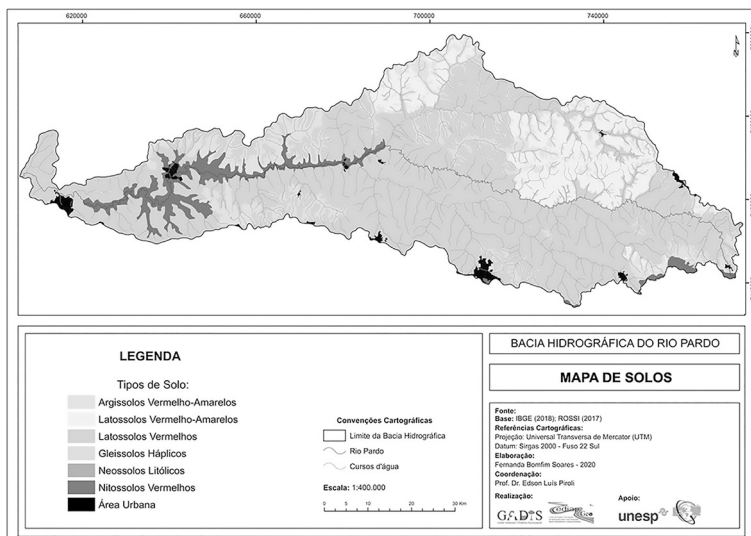
Os Nitossolos são constituídos de material mineral, com 350 gramas ou mais de argila por quilo (Embrapa, 2014). São solos que apresentam alto risco de erosão devido aos relevos acidentados a que estão associados. Porém tem alta fertilidade com altos teores de

ferro, quando em seu terceiro nível categórico são classificados como eutroférricos. No caso da bacia hidrográfica do rio Pardo, esse solo está muito presente no entorno dos cursos hídricos da sub-bacia do baixo Pardo.

Os Argissolos são profundos, moderadamente drenados, com horizonte B textural (horizonte diagnóstico que caracteriza a classe de solo). Tem cores vermelha a amarela e textura argilosa, abaixo de um horizonte A ou E de cores mais claras e textura arenosa ou média, com baixos teores de matéria orgânica (Embrapa, 2014). Na sub-bacia do Alto Pardo encontra-se o Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, que possui características de formação provenientes de rochas cristalinas. O Argissolo Vermelho distrófico também se concentra na sub-bacia do Alto Pardo e do Rio Novo, possuindo características de baixa fertilidade e de concentração de água superficialmente, pois se localizam em áreas declivosas. O Argissolo Vermelho eutrófico se concentra na parte norte e sul da sub-bacia do Baixo Pardo. São solos que apresentam altos níveis de fertilidade (Oliveira et al., 1999). A Figura 16 apresenta o mapa dos solos da BHRP.

Ao longo de pesquisas realizadas pela equipe do autor na BHRP foi observado que os solos dela encontram-se em condições de conservação variadas, normalmente em consequência da presença ou não de florestas nativas. Nos locais onde ela existe, verifica-se que o solo se encontra conservado e bem estruturado, tendo estas características sido confirmadas na maior parte das amostras coletadas e analisadas em laboratório. Porém, mesmo nas áreas com vegetação nativa, onde havia atividade agrícola próxima, observou-se que boa parte dos solos se encontra modificado. Tem sido observado que em margens de corpos d'água, a simples presença da mata ciliar não impede processos erosivos em suas adjacências, mas, em geral esta protege os corpos d'água, retendo os sedimentos que, sem sua presença, os alcançariam.

Da mesma forma, nas margens de cursos de água cujas APP encontram-se cobertas por matas ciliares, com atividades de criação de gado bovino, o solo mostra-se com processos erosivos zoógenos,

Figura 16 – Tipos de solos e distribuição na BHRP

com sulcos na direção do corpo d'água. Além disso, observou-se em todos os locais que se encontravam sob esta condição que há comprometimento da regeneração, uma vez que muitas espécies têm seus brotos comidos ou são pisoteadas e quebradas pelos animais.

Mesmo com estes problemas, margens de córregos e rios com matas ciliares têm condições ambientais melhores do que aquelas sem mata ciliar, pois nestas a degradação do solo mostra-se mais evidente. Nas análises de solo realizadas, tem sido observadas modificações físicas e químicas importantes em diversos locais. As mais importantes com relação às características físicas são as provenientes de processos erosivos e de assoreamento que em alguns pontos retira a camada superficial do solo e em outros acumula o solo retirado do ponto anterior, causando a modificação da estrutura do solo originalmente ali presente. Nas áreas sem mata ciliar os sedimentos resultantes das erosões são carreados para dentro dos corpos d'água, contaminando-os e assoreando-os. Observam-se em algumas nascentes da bacia, processos intensos de soterramento, comprometendo sua própria existência.

Com relação às características químicas dos solos da BHRP, pode-se destacar grandes variações de pH (Potencial hidrogeniônico) ao longo da área da bacia. Em pesquisas foram encontrados valores apontando desde acidez (3,8) até próximo à alcalinidade (6,8). A maior parte dos pontos coletados teve pH medido variando entre 4,1 e 4,9.

A matéria orgânica (MO) apresenta valores que variam entre baixos, com 7 g/dm^3 a altos com 110 g/dm^3. Em APP, o esperado é que todas as amostras apresentem concentração de matéria orgânica, no mínimo na média do Estado de São Paulo, que segundo Kiehl (1979) fica em torno de 30 g/dm^3.

Durante pesquisas, algumas amostras foram obtidas em trechos de áreas urbanas, onde a vegetação ciliar foi substituída por casas, rodovias, outras infraestruturas e depósitos de lixo. Nestas áreas, confirmou-se o esperado para estes locais: baixa concentração de matéria orgânica, uma vez que o solo se encontra desprovido de cobertura vegetal densa.

As amostras com maiores concentrações de matéria orgânica foram coletadas nas nascentes do Rio Pardo e do Rio da Prata, respectivamente. Os locais de coleta eram conservados, com a presença de mata nativa, fato que explica a concentração desta matéria orgânica. O maior valor, porém (110 g/dm^3) foi encontrado na área urbana do município de Cerqueira Cesar, em um local chamado "açudão". Esta área é uma várzea onde foi construída uma represa. Assim, atribui-se esta alta concentração ao fato de ser um ponto de deposição do material carreado de pontos mais altos, da área urbana.

As amostras que apresentaram os menores valores foram obtidas em locais com alta concentração de sedimentos e sem cobertura vegetal. A escassez de matéria orgânica, importante propriedade química, permite inferir que predomina na BHRP material mineral, atribuído à retirada e/ou a inexistência de cobertura vegetal densa. Isto acontece quando se retira a cobertura vegetal, pois os valores de Ca, Mg, SO_3, P_2O_5 e de CO_2 tendem a diminuir, reduzindo a fertilidade do solo deixando-o ácido (Freire, 2006).

O teor de P (Fósforo) observado em pesquisas realizadas na BHRP também variou de muito baixo (3 mg/dm^3) a muito alto (212 mg/dm^3), porém, com a maioria das amostras enquadrando-se nos níveis entre muito baixo e baixo. A deficiência deste elemento dificulta o desenvolvimento das plantas. Esta informação, junto com as demais, é importante para a produção agropecuária e para projetos de recomposição das matas ciliares na bacia.

No caso do K (Potássio), a variação encontrada nas pesquisas foi de 0,3 a 5,0 $mmol_c/dm^3$. Essa variação, para Bueno et al. (2007), está entre a categoria baixa até alta. Esse elemento pode ser facilmente lixiviado, fato que explica a baixa concentração em parte das amostras. A maior concentração foi coletada na área urbana de Cerqueira Cesar, no "açudão", o que demonstra que aquele local recebe grande quantidade de materiais diversificados da área urbana adjacente.

Com relação ao Ca (Cálcio), observa-se que a maior parte das amostras analisadas na BHRP apresentou alta concentração, com exceção de um ponto que apresentou uma baixa concentração do elemento em questão (3 $mmol_c/dm^3$). Na foz do rio Pardo, onde há um porto de areia e onde são depositadas conchas retiradas no processo de filtragem da areia, observou-se uma elevada quantidade de Ca (141 $mmol_c/dm^3$).

Quanto ao Mg (Magnésio), amostras obtidas na BHRP apresentaram valores que variaram de baixo a alto, sendo que a maioria apresentou valores altos (acima de 15 $mmol_c/dm^3$). A perda desses nutrientes compromete o crescimento vegetativo das plantas. Assim, no que diz respeito ao Mg, a maior parte das áreas de produção, não tem grandes demandas de correção, bem como das APP atualmente desprotegidas por matas ciliares, que podem ser recompostas, sem grande necessidade de correção para Mg.

A capacidade de troca catiônica (CTC) diz respeito à quantidade total de cátions retidos à superfície dos coloides (minerais de argila e húmus) em estado permutável (PERUSI, 2005). O maior valor de CTC encontrado na BHRP foi de 221 $mmol_c/dm^3$, o que pode ser atribuído à quantidade de matéria orgânica. Para Freire (2006), esse

resultado é pertinente, pois a CTC do húmus pode atingir o valor de 200 e.mg/100g.

O resultado da saturação por bases (V%) permite constatar que a maioria das amostras apresenta V% < 50, ou seja, são distróficas, o que indica ainda problemas relacionados à fertilidade.

As variações nos valores dos resultados das análises estão dentro do esperado, pois há variação nos tipos de solos da área da BHRP, bem como nas suas propriedades químicas e físicas, devido à dimensão dela.

Após a análise das características dos solos, conclui-se que estes, quando sob vegetação densa, apresentam resultados melhores em relação aos solos sob outros tipos de cobertura vegetal ou mesmo sem cobertura. Ressalta-se assim a importância da manutenção da vegetação nativa, sobretudo a ciliar, principalmente nas áreas de preservação permanente, para que sejam garantidas não só a qualidade das propriedades físicas e químicas dos solos como também um ambiente propício ao desenvolvimento da biodiversidade e à proteção das águas.

Um exemplo de como os solos são manejados de maneira inadequada em algumas áreas da BHRP pode ser visto na Figura 17.

Figura 17 – Argissolo no Alto Pardo, município de Itatinga, onde se pode observar rompimentos de terraços em nível e processos erosivos.

Foto: acervo pessoal do autor

O solo visto na Figura 17 estava sendo preparado para o plantio da cana de açúcar, que substituiu a pastagem. Pode-se observar que os terraços em nível não suportaram a força das águas e romperam, provavelmente devido a erros no espaçamento entre os mesmos e/ou no seu dimensionamento. Este tipo de situação é comum na região. Nestes casos, os sedimentos carregados pela enxurrada serão depositados dentro do leito do córrego que se encontra no fundo do vale, assoreando-o e modificando totalmente o ecossistema local. Comprometem ainda grandes extensões do corpo d'água que transporta as partículas menores e em alguns casos, fertilizantes e outros agroquímicos, que foram trazidos das áreas de produção.

Características litoestratigráficas da BHRP

As unidades litoestratigráficas da área de estudo pertencem ao Grupo São Bento, Formação Serra Geral (JKsg), ao longo dos principais rios, e a Leste, próximo à foz do rio Pardo; ao Grupo Bauru, Formação Marília (Km), nas maiores altitudes a Leste e a Noroeste. Deste Grupo, ocorre ainda a Formação Adamantina (Ka) na região central da bacia, entre a Formação Serra Geral e a Formação Marília. Além destas, são encontrados em pequenas manchas localizadas no centro da bacia Sedimentos Aluvionares (Qa) (IPT, 1981). A distribuição das unidades é vista na Figura 18.

As características geológicas da área determinam a ocorrência dos aquíferos Bauru, Serra Geral e, confinado, o Aquífero Guarani. O Plano de Bacia da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 17 (UGRHI-17) informa que a vulnerabilidade dos aquíferos chega a ser média/alta em algumas regiões próximas ao divisor de águas, nos municípios de Pardinho e Itatinga e na região central da bacia nos municípios de Iaras e Águas de Santa Bárbara, principalmente na sub-bacia do Rio Claro, conforme pode ser visto na Figura 19.

Figura 18 – Geologia da BHRP

620000 650000 680000 710000 740000 770000

7500000 7480000 7460000 7440000

LEGENDA

Formação Geológica:

Depósitos Aluvionares

Formação Marília

Formação Vale do Rio do Peixe

Formação Serra Geral

Formação Botucatu

Convenções Cartográficas

Limite da Bacia Hidrográfica

Curso d'água

Rio Pardo

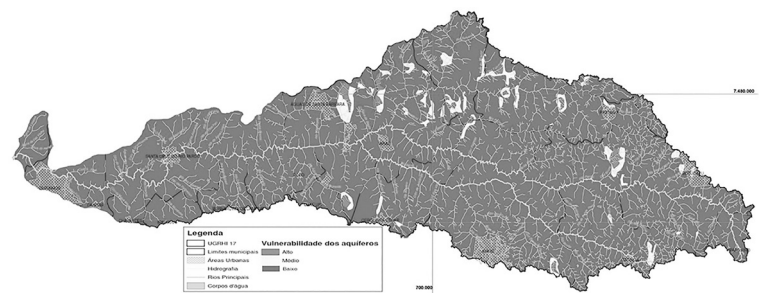
Escala: 1:400.000

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARDO

GEOLOGIA

Fonte:
Base: IBGE (2018) e CPRM (2004).
Cartas Topográficas 1:50.000
Referências Cartográficas:
Projeção: Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum: Sirgas 2000 - Fuso 22 Sul
Elaboração:
Fernanda Bomfim Soares - 2020
Coordenação:
Prof. Dr. Edson Luís Piroli

Realização: Apoio: unesp

Figura 19 – Vulnerabilidade dos aquíferos da BHRP

Fonte: Plano de Bacia da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 17 (UGRHI-17)

Características hidrográficas

A bacia hidrográfica do rio Pardo é afluente da margem direita do Médio Paranapanema, rio este que deságua na margem esquerda do rio Paraná, ao Sul da área urbana de Rosana, no Estado de São Paulo. O rio Pardo tem como principais afluentes o rio Claro pelo

lado Norte, na sua margem direita, e o rio Novo pelo lado Sul, na margem esquerda. A foz destes dois rios está localizada nos municípios de Iaras e Águas de Santa Bárbara, respectivamente.

A Tabela 2 mostra dados relativos à hidrografia da BHRP, divididos por sub-bacias e a Figura 20 mostra a distribuição dos corpos d'água da bacia, inseridos sobre imagem disponível no Google Earth.

Tabela 2 – Dados hidrográficos da BHRP, por sub-bacia e totais

Sub-bacia	Nº de nascentes	Nº de tributários	Nº total de represas	Área (ha)	Área de APP (ha)
Novo	569	99	297	93.595,96	5.596,87
Baixo Pardo	678	122	247	157.785,36	8.015,36
Alto Pardo	1.221	125	328	133.470,98	9.820,61
Claro	813	89	120	95.459,95	6.308,76
Total Pardo	**3.281**	**437***	**992**	**480.312,25**	**29.741,60**

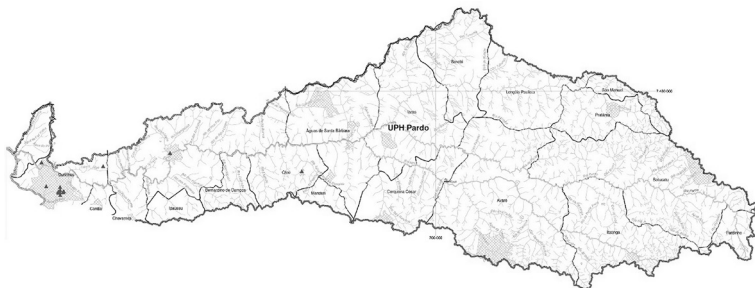
Figura 20 – Hidrografia do Rio Pardo sobre imagem de satélite e principais cidades

Fonte: Google Earth em fev. 2022

A Figura 21 mostra a distribuição dos corpos d'água, das áreas urbanas e os limites dos municípios, conforme apresentados no Plano da Bacia da UGRHI 17. Neste, a bacia do Rio Pardo é denominada de UPH (Unidade de Planejamento Hídrico) do Rio Pardo.

Conforme a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA),[1] as Unidades de Planejamento Hídrico são subdivisões das bacias hidrográficas, caracterizadas pela homogeneidade de fatores geomorfológicos, hidrográficos e hidrológicos que permitem a organização do planejamento e do aproveitamento dos recursos hídricos ali existentes. As UPH são formadas por bacias ou sub-bacias hidrográficas de rios afluentes ou segmentos das bacias dos rios principais, com continuidade espacial.

Assim, as UPH devem obedecer ao princípio de que nelas a gestão de recursos hídricos se dá, por força legal e por lógica dos estudos hidrológicos, em bacias. Desta forma, a unidade de planejamento hídrico será a menor área de abrangência para o desenvolvimento de um plano, consideradas as necessidades de integração da Política Nacional com as Políticas Estaduais e Municipais.

Figura 21 – BHRP, UPH Pardo

Fonte: Plano da Bacia da UGRHI 17 – 2017-2026

Características morfométricas da BHRP

As informações morfométricas (Tabela 3) demonstram que a bacia do Rio Pardo tem formato alongado, com desníveis médios ao longo do seu leito principal ao redor de 3 metros por quilômetro. Seu

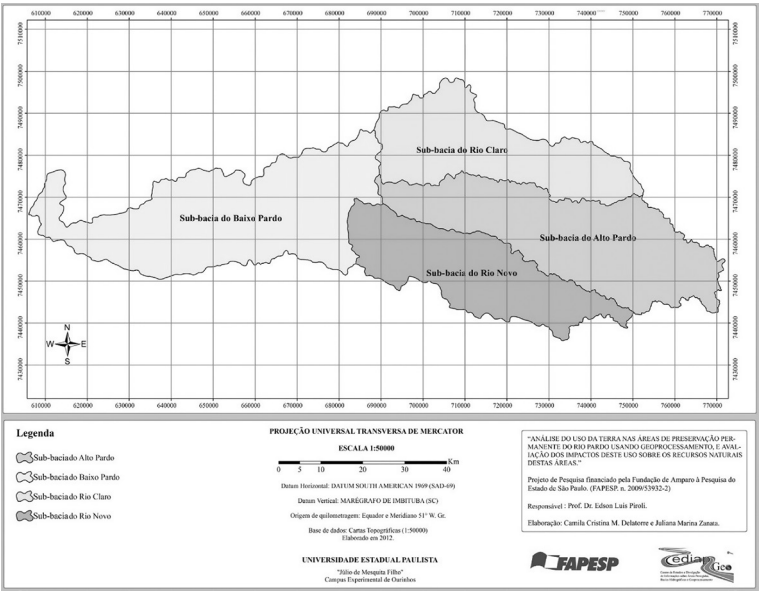
1 https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/df48de18-753b-4789-964d-7f0967c53d08.

leito é bem definido na maior parte de seu percurso. Estas características indicam que se trata de um rio com baixo potencial para inundações. Também definem seu potencial para o incentivo ao turismo, uma vez que o mesmo e alguns de seus tributários apresentam cachoeiras com dimensões razoáveis em muitos pontos e inúmeras corredeiras ao longo de seu leito e de seus afluentes. Estas características indicam que se as matas ciliares das APP dos corpos d'água da bacia forem mantidas e se a BHRP for gerida racionalmente, suas águas tendem a manter boa qualidade para consumo.

Tabela 3 – Características morfométricas da BHRP.

Características morfométricas	**Valores**
Área de drenagem (A)	4.803,12 km^2
Perímetro (P)	622,10 km
Coeficiente de compacidade (Kc)	2,51
Fator de forma (F)	0,15
Índice de circularidade (IC)	0,16
Padrão de drenagem	Dendrítico
Orientação	Oeste
Altitude Mínima	376 m
Altitude Máxima	1.003 m
Altitude Média	689,5 m
Comprimento do eixo da bacia	176,77 km
Ordem da bacia	7ª

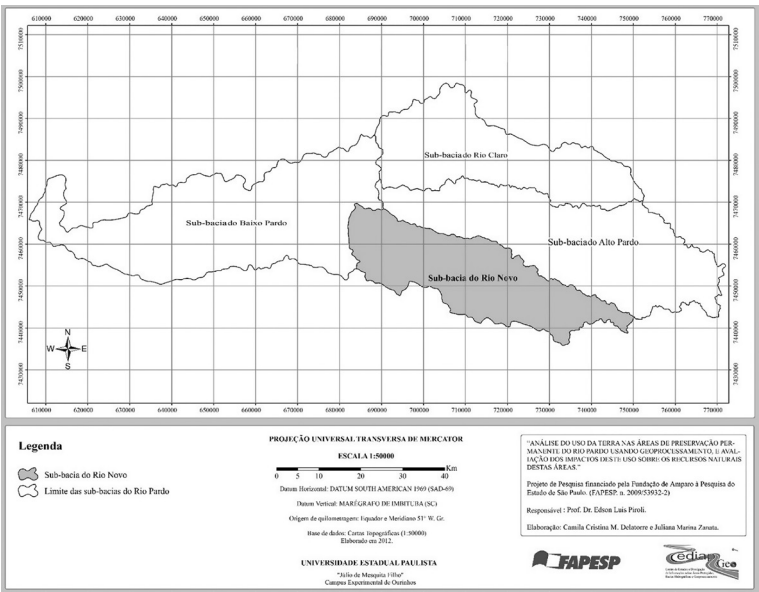
Para facilitar a apresentação das informações neste livro e ampliar a escala de representação, a BHRP foi dividida em 4 sub-bacias: do Alto Pardo, do Baixo Pardo, do Rio Novo e do Rio Claro, conforme pode ser visto na Figura 22.

Figura 22 – Bacia Hidrográfica do rio Pardo, e suas principais sub-bacias

Características da sub-bacia do Rio Novo

A sub-bacia do rio Novo está localizada ao Sul da BHRP, como mostra a Figura 23.

A área total da sub-bacia do rio Novo é de 93.595,96 ha ou 935,96 km^2. Nela, existem 569 nascentes, sendo que as principais estão localizadas nos municípios de Itatinga, Avaré e Cerqueira Cesar.

Estas nascentes geram 47 córregos de primeira a quarta ordem, na margem esquerda do rio Novo. Destes, os principais córregos, da nascente à foz, que tem nome identificado na carta topográfica da área ou que o nome foi indicado por algum morador, são os apresentados no Quadro 1. Os demais não tiveram nomes reconhecidos em documentos oficiais ou por moradores próximos a eles.

Figura 23 – Localização da sub-bacia do rio Novo na bacia hidrográfica do rio Pardo

Quadro 1 – Córregos, riachos e ribeirões tributários da margem esquerda do rio Novo.

1 – Córrego dos Patos	12 – Ribeirão do Rosário
2 – Córrego do Macaquinho	13 – Córrego das Antas
3 – Córrego do Limoeiro	14 – Córrego da Lapa
4 – Córrego do Barreirinho	15 – Córrego dos Nunes
5 – Córrego Água do Bosque	16 – Córrego Água da Taquara do Reino
6 – Ribeirão da Boa Vista	17 – Córrego da Cachoeira
7 – Córrego de Hugo Manola	18 – Córrego da Vareta
8 – Córrego do Lombinho	19 – Córrego dos Lemos
9 – Ribeirão Bonito	20 – Ribeirão dos Três Ranchos
10 – Córrego do Jacutinga	21 – Rio do Lajeado
11 – Ribeirão da Cabiúna	22 – Córrego Água da Jacutinga

Na margem direita do rio Novo, existem 52 córregos de primeira, segunda, terceira e quarta ordem. Aqueles cujos nomes estão descritos nas cartas topográficas da área ou que foram identificados em pesquisas de campo, com auxílio de moradores locais, são mostrados no Quadro 2.

Quadro 2 – Córregos, riachos e ribeirões identificados na margem direita do rio Novo.

1 – Córrego da Macedônia	5 – Córrego das Pedras
2 – Córrego Água da Limeira	6 – Córrego Água do Monjolinho
3 – Córrego de José Paixão	7 – Córrego do Jacu
4 – Córrego Água do Geraldo	8 – Córrego Água do Portão Vermelho

A Figura 24 mostra a distribuição dos córregos, riachos e ribeirões na sub-bacia do Rio Novo.

Figura 24 – Hidrografia do Rio Novo

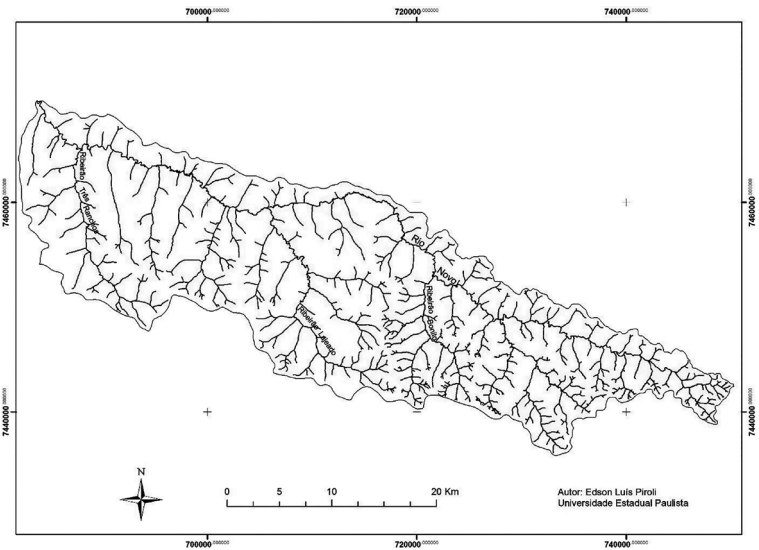
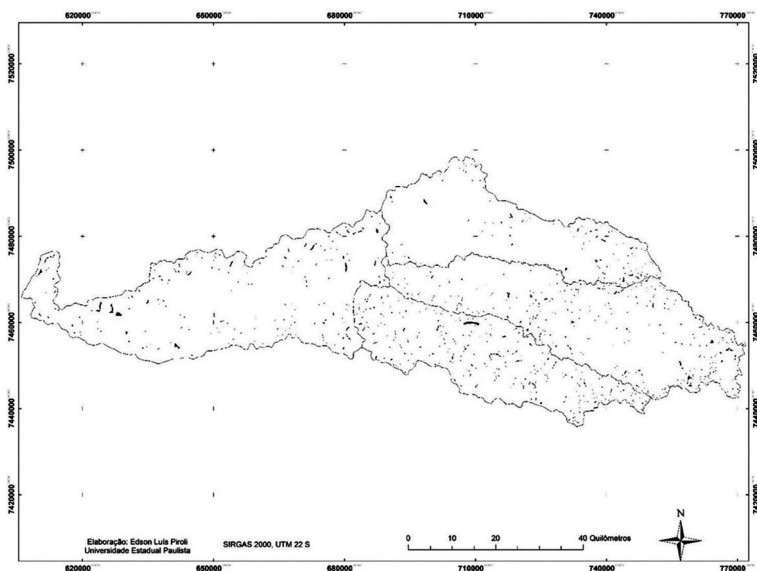
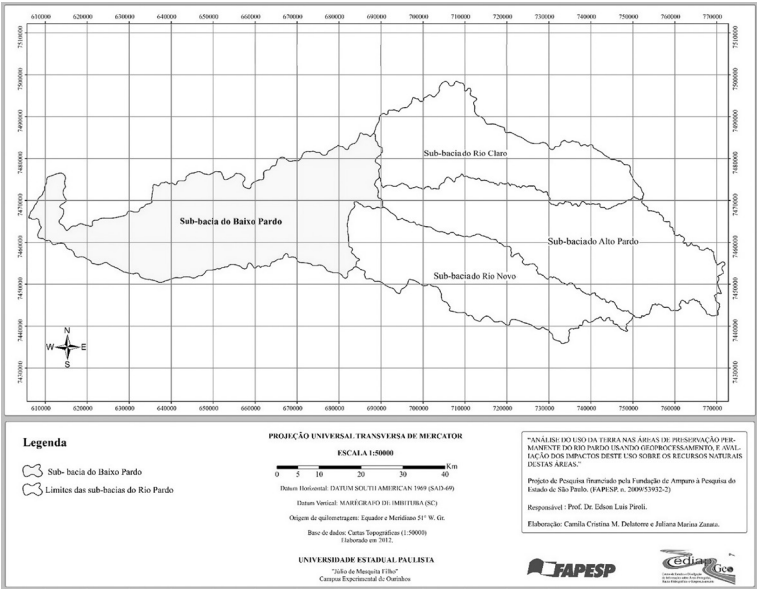



Figura 25 – Represas na BHRP, ainda sem a inserção da PCH Ponte Branca

Além das nascentes e córregos, existem, na área da bacia do rio Novo, 296 represas com menos de 20 hectares (ha) e 1 represa com mais de 20 ha. Este conjunto de corpos d'água geram área total de APP de 5.596,87 ha, ou 5,98% da área total da sub-bacia. Na época da elaboração do mapa da Figura 25 ainda não estava implantada a represa da Pequena Central Hidrelétrica (PCH) Ponte Branca, que está localizada no centro da BHRP, próxima à junção das 4 sub-bacias. As coordenadas de sua barragem são, no sistema UTM 22 Sul (mesmo do mapa), 683.000 E e 7.469.300 N.

Características da Sub-bacia do Baixo Pardo

A sub-bacia do Baixo Pardo está localizada a oeste da BHRP, como mostra a Figura 26.

Figura 26 – Localização da sub-bacia do baixo Pardo na BHRP

A área total da sub-bacia do Baixo Pardo é de 157.785,36 ha ou 1.577,85 km^2. Nela, estão localizadas 678 nascentes.

Estas nascentes geram 60 córregos, riachos e ribeirões de primeira a quarta ordem, na margem esquerda do Baixo Pardo. Destes, os principais, do alto curso em direção à foz, que tem nome identificado na carta topográfica ou que o nome foi indicado por algum morador da área, são os apresentados no Quadro 3.

Na margem direita do Baixo Pardo, foram identificados 62 córregos, riachos e ribeirões de primeira a quarta ordem. Aqueles cujos nomes estão descritos nas cartas topográficas da área ou que foram identificados com auxílio de moradores locais, são mostrados no Quadro 4.

Em alguns casos, os nomes se repetem ou são muito parecidos, como no caso do Ribeirão Mandaçaia, que aparece no corpo d'água n.8 e no n.23. Esta é uma característica comum aos rios brasileiros, que em função da região onde estão localizados, tem os mesmos

Quadro 3 – Córregos, riachos e ribeirões identificados na margem esquerda do Baixo Pardo.

1 – Córrego Água da Limeira	16 – Córrego Cebolão
2 – Córrego da Ponte Branca	17 – Córrego dos Pires
3 – Córrego das Palmeiras	18 – Ribeirão das Palmeiras
4 – Córrego Monte Alto	19 – Córrego da Primavera
5 – Córrego Três Barras	20 – Ribeirão Grande
6 – Córrego Água do Meio	21 – Córrego do Guaritá
7 – Corguinho	22 – Córrego Água do Ingá
8 – Ribeirão Espraiado	23 – Córrego da Água Morna
9 – Córrego do Novo Niágara	24 – Córrego Água Santa Rosa
10 – Córrego das Araras	25 – Córrego Sant'Anna ou do Barreirnho
11 – Ribeirão do Lageado	26 – Córrego das Furnas
12 – Córrego do Douradinho	27 – Córrego Christoni
13 – Ribeirão do Dourado	28 – Córrego Água da Veada
14 – Ribeirão Mandaguari	29 – Córrego da Furninha
15 – Córrego do Carreirão	

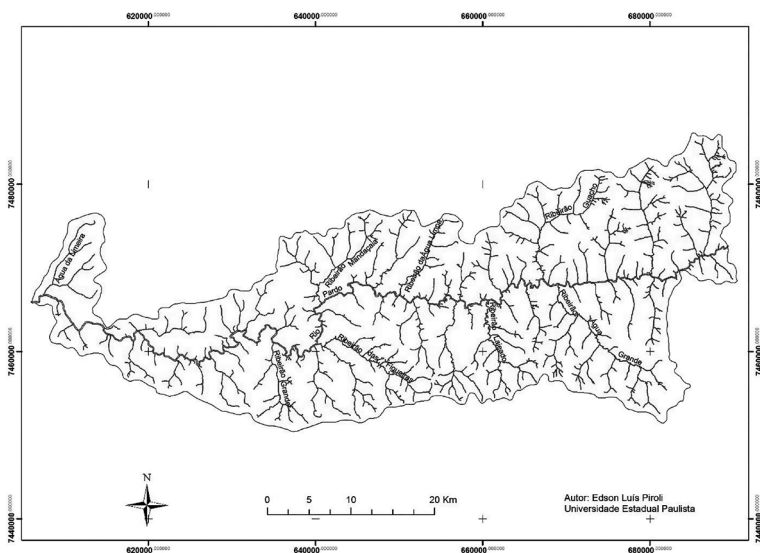
Quadro 4 – Córregos, riachos e ribeirões identificados na margem direita do Baixo Pardo.

1 – Ribeirão do Capão Rico	17 – Córrego Figueira Branca
2 – Córrego Água do Bugre	18 – Córrego Fundo
3 – Córrego do Arrepiado	19 – Córrego São Roque
4 – Córrego do Potreira	20 – Ribeirão da Água Limpa
5 – Ribeirão Capivari	21 – Ribeirão do Pica-pau
6 – Córrego Água do Batata	22 – Córrego dos Andrades
7 – Córrego Caçapava	23 – Ribeirão Mandaçaia
8 – Ribeirão Mandaçaia	24 – Córrego Santa Luzia
9 – Córrego Capivari	25 – Córrego da Grumixama
10 – Córrego do Barreiro	26 – Córrego Águas das Pedras
11 – Córrego do matão	27 – Córrego do Imburaçu
12 – Ribeirão do Guacho	28 – Córrego do Jaguaraiê
13 – Córrego Água do Bebedouro	29 – Córrego São José
14 – Córrego Água do Limoeiro	30 – Córrego do Cateto
15 – Córrego Água do Crioulo	31 – Córrego Água da Limeira
16 – Córrego Pedra Branca	

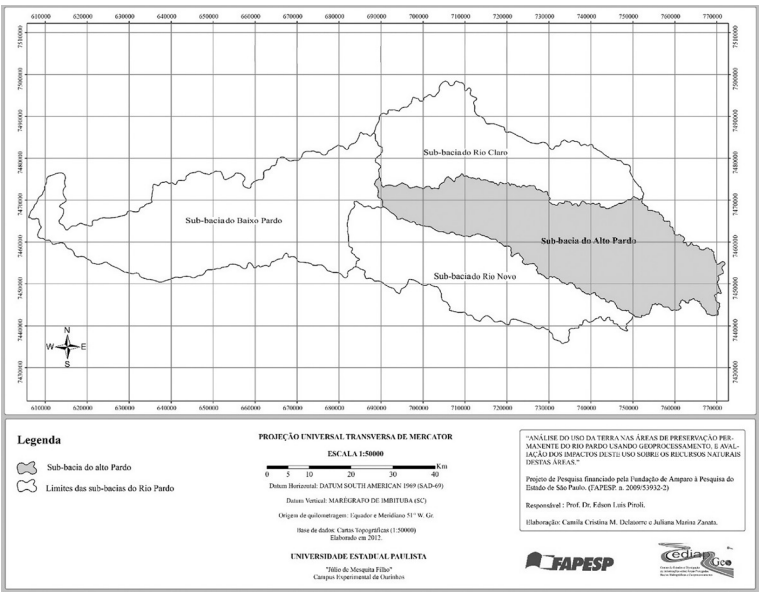
nomes ou contém vários afluentes com mesmos nomes. A Figura 27 mostra a distribuição dos córregos, riachos e ribeirões da sub-bacia do Baixo Pardo.

Além das nascentes e córregos, foram identificadas na área 240 represas com menos de 20 hectares (ha) e sete represas com mais de 20 ha.

Com relação às APP, a área total identificada no Baixo Pardo é de 8.015,36 ha, ou 5,08% da área total da sub-bacia.

Figura 27 – Hidrografia do Baixo Pardo

Características da Sub-bacia do Alto Pardo

A sub-bacia do Alto Pardo está localizada a Leste da BHRP, como mostra a Figura 28. A área total da sub-bacia do Alto Pardo é de 133.470,98 ha ou 1.334,71 km². Nela, existem 1.221 nascentes.

Figura 28 – Bacia do rio Pardo, com destaque para a sub-bacia do Alto Pardo

Estas nascentes geram 65 córregos, riachos e ribeirões de primeira, segunda, terceira e quarta ordem, na margem esquerda do Alto Pardo. Destes, os principais, da nascente em direção à foz, que tem nome identificado na carta topográfica ou que o nome foi indicado por algum morador da área são os apresentados no Quadro 5.

Na margem direita do Alto Pardo, foram identificados 62 córregos, riachos e ribeirões de primeira a quarta ordem. Aqueles cujos nomes estão descritos nas cartas topográficas da área ou que foram identificados com auxílio de moradores da área são mostrados no Quadro 6.

Quadro 5 – Córregos, riachos e ribeirões identificados na margem esquerda do Alto Pardo.

1 – Córrego do Tijuco Preto	10 – Córrego dos Cochos
2 – Rio Pardinho	11 – Córrego Água Santa Margarida
3 – Córrego da Água Funda	12 – Córrego dos Dias
4 – Córrego da Caixa d'água	13 – Córrego São Geraldo
5 – Córrego das Pedrinhas	14 – Córrego Armando Garcia
6 – Ribeirão das Pedras	15 – Córrego Água do Marimbondo
7 – Ribeirão da Restinga	16 – Córrego Água do Caboclo
8 – Córrego Água da Graminha	17 – Córrego Água do Olímpio
9 – Córrego do Lageado	

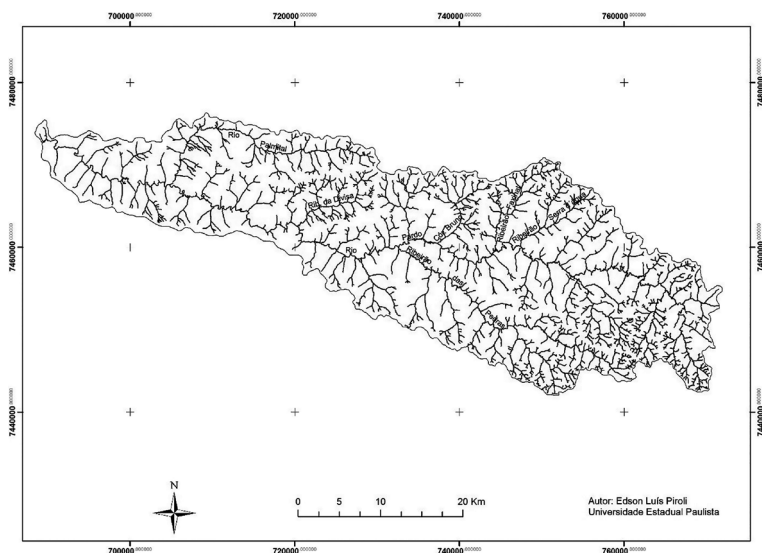
Quadro 6 – Córregos, riachos e ribeirões identificados na margem direita do Alto Pardo.

1 – Córrego Janeirinho	13 – Córrego das Pombas
2 – Córrego Panfílio Dantas	14 – Córrego São Pedro
3 – Ribeirão Água da Madalena	15 – Ribeirão da Divisa
4 – Córrego Água da Venda Seca	16 – Córrego Água do Banana
5 – Córrego Pinheirinho	17 – Córrego São Gonçalo
6 – Ribeirão do Pinheirinho	18 – Córrego da Cachoeira
7 – Córrego do Ferreirinha	19 – Córrego Palmital
8 – Ribeirão das Bicas	20 – Rio Palmital
9 – Ribeirão da Serra d' água	21 – Córrego João Leite
10 – Ribeirão do Faxinal	22 – Córrego do Bandarra
11 – Córrego do Bruno	23 – Córrego do Azulejo
12 – Córrego do Monte Alegre	24 – Córrego Água da Onça

A Figura 29 mostra a distribuição dos córregos, riachos e ribeirões localizados na sub-bacia do Alto Pardo.

Além das nascentes e córregos, foram identificadas na área do Alto Pardo 325 represas com menos de 20 hectares (ha) e 3 represas com mais de 20 ha.

Com relação às APP, a área total identificada no Alto Pardo foi de 9.820,61 ha, ou 7,36% da área total da sub-bacia.

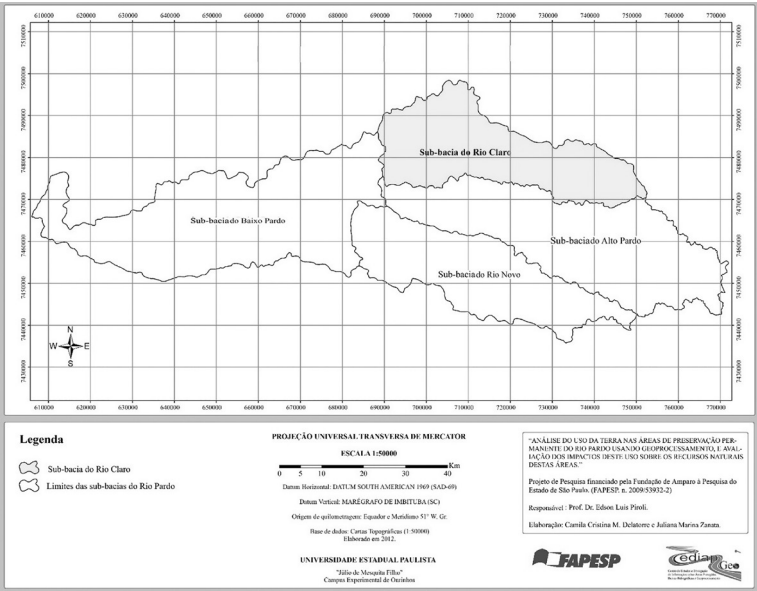
Figura 29 – Hidrografia da sub-bacia do Alto Pardo

Características da Sub-bacia do Rio Claro

A sub-bacia do rio Claro está localizada ao Norte da BHRP, como mostra a Figura 30.

A área total da sub-bacia do rio Claro é de 95.459,95 ha ou 954,69 km^2. Nela, estão localizadas 813 nascentes.

Estas nascentes geram 38 córregos, riachos e ribeirões de primeira a quarta ordem, na margem esquerda do rio Claro. Destes, os principais, da nascente em direção à foz, que tem nome identificado na carta topográfica ou que o nome foi indicado por algum morador da área, são os apresentados no Quadro 7.

Na margem direita do rio Claro, foram identificados 51 córregos, riachos e ribeirões de primeira, segunda, terceira e quarta ordem. Aqueles cujos nomes estão descritos nas cartas topográficas da área ou que foram identificados com auxílio de moradores locais, são mostrados no Quadro 8.

Figura 30 – BHRP, com destaque para a sub-bacia do Rio Claro

Quadro 7 – Córregos, riachos e ribeirões identificados na margem esquerda do rio Claro.

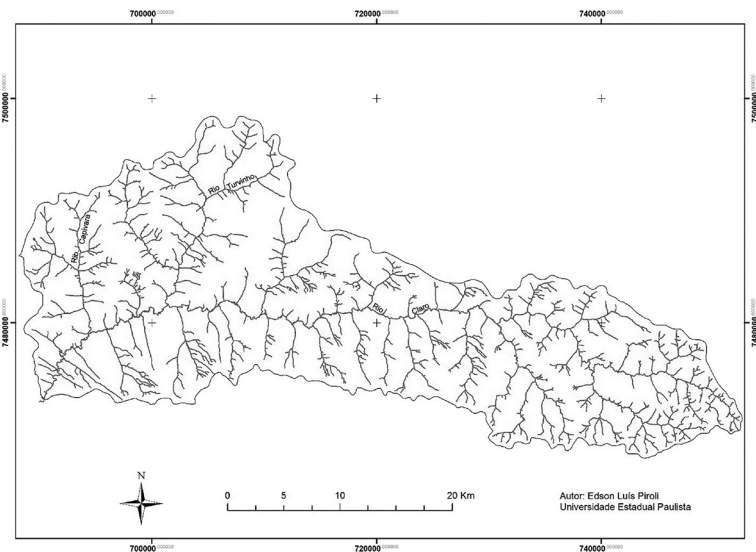
1 – Rio da Prata	11 – Córrego da Fazendinha
2 – Córrego do Barro Branco	12 – Córrego Água Palmeirinha
3 – Ribeirão dos Cochos	13 – Córrego Bamburro
4 – Córrego Floresta	14 – Córrego Água do Uruti
5 – Córrego Palmital	15 – Ribeirão Laranja Azeda
6 – Córrego Jotinvoca	16 – Córrego do Rapador
7 – Córrego Boa Vista	17 – Córrego Água das Pedrinhas
8 – Córrego do Silvino	18 – Córrego Manaval
9 – Córrego do Barro Preto	19 – Água do Monjolinho
10 – Córrego Café Velho	20 – Córrego Iguatemi

Quadro 8 – Córregos, riachos e ribeirões identificados na margem direita do rio Claro.

1 – Córrego da Boa Esperança	9 – Córrego do Monjolinho
2 – Córrego do Falcão	10 – Córrego Pulador
3 – Ribeirão Dois Córregos	11 – Córrego Piracema
4 – Córrego das Perobas	12 – Rio Turvinho
5 – Córrego da Coruja	13 – Córrego Água da Rondinha
6 – Córrego do Indaiá	14 – Ribeirão da Capivara
7 – Córrego do Bom corredor	15 – Córrego Água da Palmeira
8 – Córrego do Café	

A Figura 31 apresenta a distribuição dos córregos, riachos e ribeirões da sub-bacia do Rio Claro.

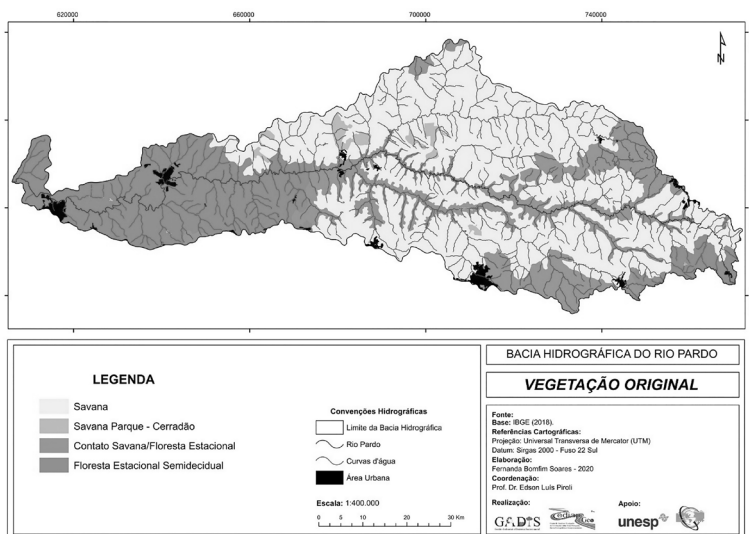
Além das nascentes e córregos, existem 120 represas, todas com menos de 20 hectares (ha) na Sub-bacia do Rio Claro. Com relação às APP, a área total existente é de 6.308,76 ha, ou 6,61% da área total da sub-bacia.

Figura 31 – Hidrografia da sub-bacia do Rio Claro

3
Vegetação arbórea nativa e exótica da BHRP

A vegetação além de influenciar diretamente no clima, também, proporciona uma relação direta com a paisagem da bacia, por garantir maior estabilidade na dinâmica entre os elementos que a constituem. O nível de degradação da vegetação original representa o grau de intensificação da degradação antrópica na paisagem. O mapa da vegetação original da bacia hidrográfica do Rio Pardo (Figura 32), foi elaborado a partir de informações e dados obtidos do IBGE (2018). A bacia possui vegetação de transição entre dois grandes biomas brasileiros, o Cerrado e a Mata Atlântica.

De acordo com o Sistema Fitogeográfico Brasileiro (IBGE, 2018), a savana ou cerrado (denominação adotada no Projeto RadamBrasil em 1982), é caracterizada pela dominância compartilhada das sinúsias arbóreas e herbáceas, ou seja, conjunto de plantas de estruturas semelhantes, integrado por espécies com mesmas formas de vida e necessidades ecológicas similares. Suas espécies arbóreas apresentam árvores de porte médio ou baixo (entre 3 e 10 metros), com copas amplas e espaçadas.

A savana parque ou também denominada de cerradão possui sua fisionomia caracterizada pela presença de árvores baixas, espaçadas, em meio a um estrato herbáceo contínuo. Já a Floresta Estacional e a Floresta Estacional Semidecidual fazem parte do bioma da Mata

Figura 32 – Mapa da Vegetação original na bacia hidrográfica do rio Pardo

Atlântica e estão condicionadas à dupla estacionalidade climática, ou seja, a uma estação com chuvas intensas no verão e uma estação de estiagem. As informações acerca de como era a distribuição original da vegetação e de suas características antes da ocupação antrópica, auxilia no planejamento ambiental a partir da compreensão das potencialidades naturais da área, permitindo a elaboração de propostas de recuperação coerentes.

Conforme pode ser visto na Figura 32, a Floresta Estacional Semidecidual se distribui ao longo das cabeceiras dos principais tributários, na região de Pardinho, Botucatu e Itatinga, e ainda nos municípios do baixo Pardo, como Ourinhos, Canitar e Santa Cruz do Rio Pardo. Na região central da bacia, nos municípios de Águas de Santa Bárbara, Iaras e Avaré predomina a Savana (Cerrado) e o contato desta com a Floresta Estacional (São Paulo, 2005).

Algumas das espécies de maior importância ecológica ou que apresentam maior abundância na BHRP são listadas a seguir: Sangra d'água (*Croton urucurana*), Embaúba (*Cecropia hololeuca*),

Canela preta (*Nectandra megapotamica*), Capixingui (*Croton floribundus)*, Pau-formiga (*Triplaris americana*), Marinheiro (*Guarea guidonia*), Alecrim (*Rosmarinus Officinalis*), Xaxim (*Dicksonia sellowiana,)*, Caroba (*Jacaranda micrantha*), Aroeira salsa (*Schinus molle*), Goiabeira (*Psidium guajava*), Araucária (*Araucaria angustifólia*), Fumo bravo (*Solanum erianthum*), Jerivá (*Syagrus romanzofianum*), Canjerana (*Cabralea canjerana*), Branquilho (*Sebastiania Klotzchiana*), Palmito Jussara (*Euterpe Edulis*), Cedro (*Cedrela fissilis*), Angico vermelho (*Parapiptadenia rigida*), Sarandi (*Calliandra selloi*) e Guapuruvu (*Schizolobium Paraíba* – Figura 33).

Figura 33 – *Schizolobium Paraiba*, espécie comum na área de estudo, no município de Itatinga

Foto: acervo pessoal do autor

Além destas, merecem destaque pela presença em diversos locais analisados durante pesquisas realizadas pela equipe do autor deste livro, Camboatá branco (*Matayba elaeagnoides*), Ingá do brejo (*Inga vera*), Chá de bugre (*Casearia sylvestris,* Canela amarela (*Nectandra lanceolata*), Canafístula (*Peltophorum dubium*), Açoita cavalo (*Luehea divaricata*), Juá mirim (*Celtis iguanea*), Mutambo (*Guazuma ulmifolia*), Bico de pato (*Machaerium aculeatum*),

Pau-viola (*Cytharexylum Myrianthum*), Leiteirinho (*Peschiera fuchsiaefolia*), Camboatá vermelho (*Cupania vernalis*), Paineira (*Chorisia speciosa*), Feijão cru (*Lonchocarpus guilleminianus*), Ingá feijão (*Inga marginata*), Amendoim do campo (*Pterogyne nitens*), Pitangueira (*Eugenia uniflora*), Timbaúva (*Enterolobium contortsiliquum*), Ipê rosa (*Tabebuia Pentaphylla*), Cambará branco (*Gochnatia polymorpha*), Chá de bugre (*Casearia sylvestris*), Guatambu (*Chrysophyllum gonocarpum*), Aroeira vermelha (*Schinus terebentifolius*), Araçá (*Psidium cattleianum*) e Canela de veado (*Helietta apiculata*).

As espécies exóticas identificadas em vários locais, inclusive nas APP do Rio Pardo e de seus afluentes foram principalmente, Nêspera (*Eriobotrya japonica*), Mangueira (*Mangifera indica L.*), Limoeiro (*Citrus limom*), Abacateiro (*Persea americana*), Bananeira (*Musa spp*), Leucena (*Leucaena leucocephala*), Eucalipto (*Eucalyptus spp* – Figura 34), Sansão do campo (*Mimosa Caesalpineafolia*), mamoeiro (*Carica papaya*) e Hibisco (*Hibiscus spp*).

Figura 34 – Eucaliptos plantados na APP do Rio Pardo em Águas de Santa Bárbara

Foto: acervo pessoal do autor

4
Características do uso da terra na BHRP

De acordo com Santos (2004) o uso da terra é um tema básico para o planejamento ambiental porque retrata as atividades humanas que podem significar pressão e impacto sobre os elementos naturais. É desta forma, uma ponte essencial para a análise de fontes de poluição e um elo importante para a ligação entre as informações dos meios biofísico e socioeconômico.

A bacia hidrográfica do rio Pardo apresenta-se coberta predominantemente por pastagens na região das nascentes dos seus principais afluentes. No médio e no baixo curso predominam as culturas agrícolas (Figura 35). Em toda área da bacia ocorrem, no entanto, rápidas transformações no uso da terra, substituindo-se as pastagens pela cana de açúcar ou por plantações de eucaliptos e laranjas, de acordo com o retorno econômico proporcionado por cada cultura.

As categorias utilizadas para a classificação do uso da terra na BHRP são definidas pelo Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013) e as encontradas na bacia são:

- *Florestal* – Nesta categoria estão inseridas as formações arbóreas, incluindo-se as áreas de Floresta Aberta (estrutura florestal com diferentes graus de descontinuidade da cobertura superior, conforme seu tipo – com cipó, bambu ou palmeira), de Floresta Estacional (estrutura florestal com

Figura 35 – Mapa de uso e cobertura da terra na BHRP

perda das folhas dos estratos superiores durante a estação desfavorável – seca e frio) além de áreas com Savana Florestal (Cerradão), Savana Estépica Florestada e intercalações entre estas. Este título inclui áreas remanescentes primárias e estágios evoluídos de recomposição florestal. A Figura 36 mostra exemplo desta categoria.

- *Pastagem (pecuária)* – São áreas utilizadas para a produção de animais domésticos com objetivos econômicos. Diz respeito à criação e ao tratamento do gado (bovino, suíno e equino, etc.), aves, coelhos e abelhas. A criação de gado bovino é a mais difundida na área de estudo. Nesta categoria foram inseridas a pecuária extensiva, pecuária semi-intensiva e pecuária intensiva. A Figura 37 mostra exemplo desta categoria na BHRP

Figura 36 – Aspecto da Floresta Estacional Semidecidual na BHRP

Foto: acervo pessoal do autor

Figura 37 – Exemplo de pecuária desenvolvida na BHRP

Foto: acervo pessoal do autor

- *Cultura temporária e cultura permanente* – Áreas onde a terra é utilizada para a produção de alimentos, fibras e outras *commodities* do agronegócio. Inclui todas as terras cultivadas, caracterizadas pelo delineamento de áreas cultivadas ou em descanso. Podem se constituir em zonas agrícolas heterogêneas ou representar extensas áreas de *plantations*. Encontram-se inseridas nesta categoria as culturas temporárias (exemplo na Figura 38) e culturas permanentes (exemplo na Figura 39).

Figuras 38 e 39 – Cultura temporária de milho (em cima) e cultura permanente de laranja (embaixo)

Foto: acervo pessoal do autor

- *Silvicultura (reflorestamento)* – Áreas com plantios ou formações de maciços com espécies florestais exóticas, predominantemente dos gêneros Pinus e Eucalyptus (Figura 40).

Figura 40 – Reflorestamento com eucalipto

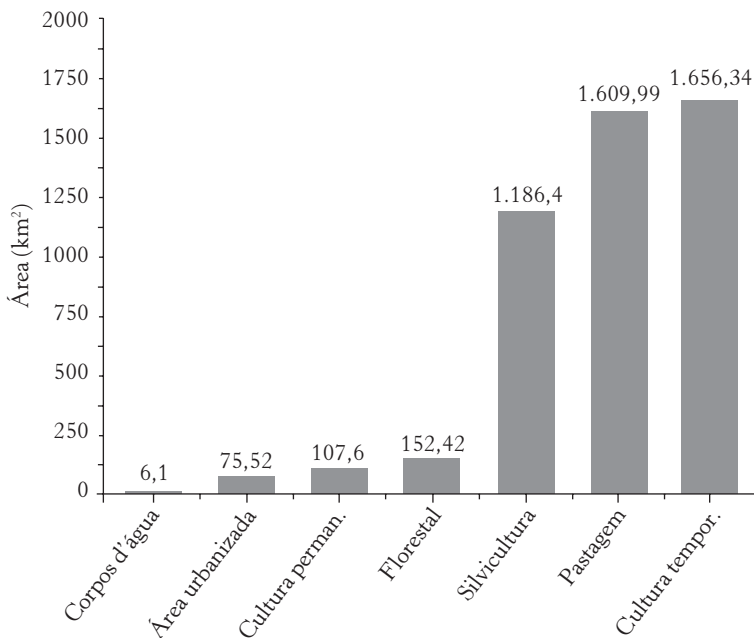
Foto: acervo pessoal do autor

- *Área urbanizada* – Áreas com uso intensivo, estruturadas por edificações e sistema viário, onde predominam as superfícies artificiais não-agrícolas. A Figura 41 mostra exemplo localizado na BHRP.

Figura 41 – Característica típica de áreas urbanas no interior da BHRP

Foto: acervo pessoal do autor

A Figura 42 mostra a distribuição dos principais usos da terra da BHRP em km² e em porcentagem. Nela é possível observar que as culturas temporárias, as pastagens e a silvicultura ocupam mais de 90% do território da BHRP. Este número demonstra a importância destas atividades serem desenvolvidas de maneira planejada, utilizando técnicas de manejo visando a proteção dos solos, das águas, das vegetações nativas, da fauna silvestre e do clima regional.

Figura 42 – Distribuição do uso e da ocupação da terra na BHRP

Elaboração: Soares, 2020

Além desse conjunto de usos amplamente predominantes na BHRP, há ainda outras ocupações da terra com as categorias a seguir:

- *Campestre* – De acordo com IBGE (2013) entendem-se como áreas campestres as diferentes categorias de vegetação fisionomicamente bem diversa da florestal, ou seja, aquelas que se caracterizam por um estrato predominantemente arbustivo, esparsamente distribuído sobre um tapete

gramíneo-lenhoso. Este cita o Manual Técnico da Vegetação Brasileira (1992) que informa estarem incluídas nessa categoria as Savanas, Estepes, Savanas Estépicas, Formações Pioneiras e Refúgios Ecológicos. Estão ainda inseridas nesta classe as formações de influência Fluvial e/ou lacustre arbustiva e herbácea (Comunidades Aluviais). Exemplo apresentado na Figura 43.

Figura 43 – Aspecto da vegetação campestre da BHRP

Foto: acervo pessoal do autor

- *Infraestrutura* – Áreas cobertas por estradas, ferrovias e construções como moradias e silos e armazéns, localizados em áreas rurais. Exemplo na figura 44.

Figura 44 – Infraestrutura com ferrovia no interior da BHRP

Foto: acervo pessoal do autor

- **Outros usos / Área degradada** – Nesta categoria estão inseridos usos diferentes dos acima descritos e áreas com intensos processos erosivos ou de assoreamento, indicando impacto ambiental grave. Exemplo na Figura 45.

Figura 45 – Área degradada no interior da BHRP

Foto: acervo pessoal do autor

Além destes usos da terra relativamente homogêneos, é possível observar na área da BHRP áreas consideráveis com policulturas, onde vários tipos de plantios e criações ocorrem muito próximos, como mostrado na Figura 46.

Figura 46 – Policultura, Santa Cruz do Rio Pardo

Foto: acervo pessoal do autor

Da mesma forma, há culturas agrícolas que são plantadas em alguns períodos e em outros não, dependendo do retorno econômico, como é o caso do amendoim plantado na sub-bacia do Alto Pardo, visto na Figura 47.

Figura 47 – Plantação de amendoim na sub-bacia do Alto Pardo

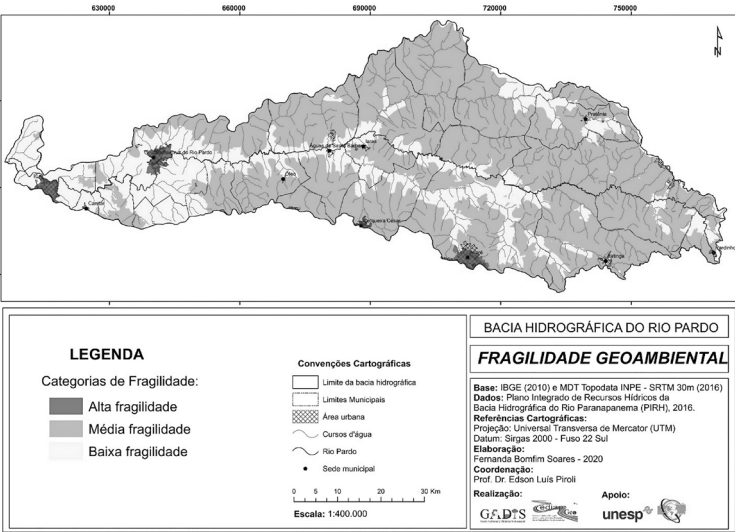
Foto: acervo pessoal do autor

Nas áreas de produção agrícola tem se ampliado o uso dos pivôs centrais, sobretudo no município de Avaré (Figura 48).

Figura 48 – Sistema de irrigação por pivô central em operação

Foto: acervo pessoal do autor

Visando orientar o planejamento e a gestão da BHRP elaborou-se o mapa de fragilidade geoambiental da paisagem, que foi feito a partir das características da bacia vistas até aqui, com ênfase nos riscos de processos erosivos e de inundação. Conforme pode ser visto na Figura 49, a maior parte das unidades da paisagem da bacia hidrográfica do rio Pardo (62,7%) se enquadra na categoria Média fragilidade geoambiental.

Figura 49 – Fragilidade geoambiental da BHRP

5
Território de cada município dentro da BHRP

Um dos aspectos mais importantes no estudo de bacias hidrográficas visando seu manejo integrado é o conhecimento dos municípios que tem território dentro da área da bacia. É com esta informação que serão contatados e convidados população e representantes dos municípios integrantes da bacia a fazerem parte do manejo integrado de toda área.

A participação da sociedade (escolas de todos os níveis de ensino, ONGs, associações, igrejas, órgãos fiscalizadores, agricultores, pecuaristas, cientistas, entre outros) de cada município, além dos gestores municipais e estaduais (e em alguns casos, federais) é fundamental para que medidas e ações sejam conhecidas, compreendidas e implantadas. Além disso, o conjunto de pessoas de cada município será responsável pelo monitoramento dos resultados e pelos ajustes que forem necessários em seu território. Isso sempre com o objetivo maior que é o da proteção e da produção de água em quantidade e com qualidade necessária para o atendimento das demandas em todos os municípios e para manutenção dos ecossistemas dos corpos d'água.

A Figura 50 apresenta a porção do município de Pardinho que está inserida dentro da BHRP (polígono cinza). O mapa menor à esquerda, em cima, mostra também o restante do território do município, que está em outra bacia hidrográfica.

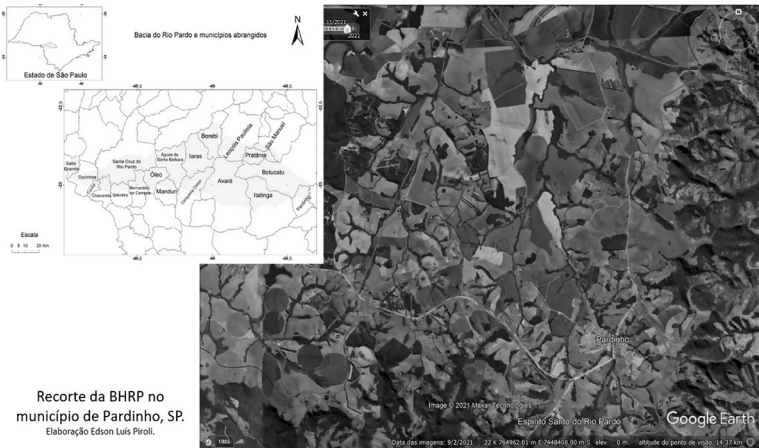
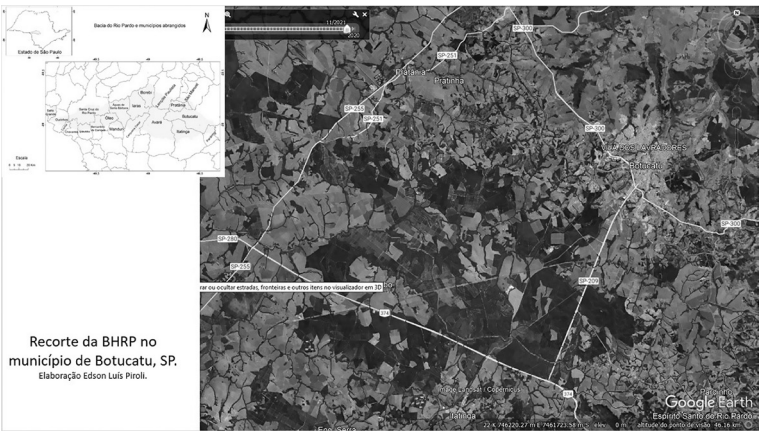
Figura 50 – Território do Município de Pardinho dentro da BHRP

Elaboração Edson Luís Piroli

Figura 51 – Território do Município de Botucatu dentro da BHRP

Fonte: elaborado pelo autor

O município de Pardinho se destaca por conter as primeiras nascentes do Rio Pardo. Além disso, é um dos municípios cuja principal fonte de abastecimento é a água superficial retida em um dos primeiros represamentos da BHRP, de onde é tratada e posteriormente distribuída para a população da área urbana do município. A responsável pela captação, tratamento e distribuição da água, bem como pela gestão do esgoto é a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp).

A hidrografia predominante na área do município de Pardinho integrante da BHRP é composta por pequenos córregos e riachos, em função de que o município ocupa a cabeceira da bacia. O território de Pardinho dentro da BHRP é de 73,79 km^2, abrangendo 1,54% da área da bacia. O uso da terra predominante é agropecuário, com a presença de alguns pivôs centrais, que usam água dos tributários do Rio Pardo.

A Figura 51 apresenta a porção do território do município de Botucatu inserida na BHRP. Mesmo a área urbana não fazendo parte da bacia, o Rio Pardo é a principal fonte de água da população urbana do município.

No território de Botucatu interno à BHRP o uso da terra predominante é com culturas agrícolas perenes, como os laranjais e com cultivos florestais, com predomínio das plantações de eucaliptos. A área abrange 646,55 km^2, ou seja, 13, 46%, sendo um dos municípios com maior território dentro da bacia. A responsabilidade pela captação, tratamento e distribuição da água retirada do Rio Pardo é da Sabesp. Além do Rio Pardo, os corpos d'água que se destacam em Botucatu são os Ribeirões do Pinheiro, das Bicas, Serra d'água, Faxinal, Água Azul e Rio Nhá Rico, todos tributários do Rio Pardo.

A Figura 52 mostra a área do município de Itatinga contida na BHRP. Este também é um município cuja fonte de água principal para sua população é o Rio Pardo, a partir de seu tributário, Rio Novo.

Em Itatinga a responsável pelo saneamento básico é a Sabesp. O território do município interno à BHRP é de 374,84 km^2, ou 7,80% da bacia. Os principais corpos d'água do município, tributários do Rio Pardo, são o Córrego do Lobo, os Ribeirões da Ponte Preta, das

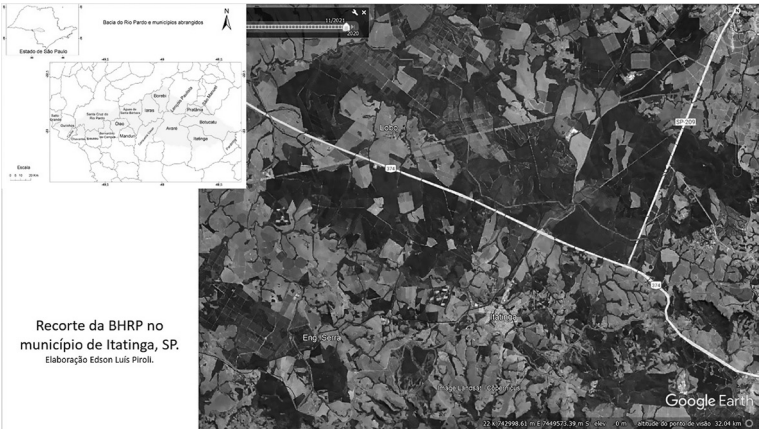
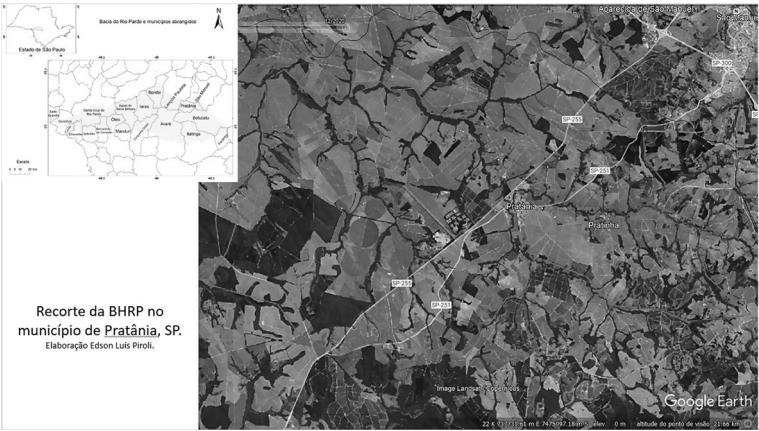
Figura 52 – Território do Município de Itatinga dentro da BHRP

Fonte: elaborado pelo autor

Figura 53 – Território do Município de Pratânia dentro da BHRP

Fonte: elaborado pelo autor

Pedras, da Restinga e Bonito. Além do Rio Novo, que passa pela área urbana de Itatinga.

Pratânia, cujo limite é apresentado na Figura 53 é um dos três municípios que está totalmente inserido na BHRP. No entanto, a água utilizada para abastecer a população urbana é obtida por meio de poços. Mesmo assim, o Rio Claro, principal tributário da margem direita do Rio Pardo, têm papel importante no atendimento das demandas nas atividades agropecuárias e no abastecimento da população rural.

A responsável pela captação, tratamento e distribuição da água, bem como pelo esgoto na área urbana do município é a Sabesp. O território de Pratânia corresponde a 179,13 km^2, cobrindo 3,73% da BHRP. Os principais corpos d'água do município são o Rio Claro, tributário do Rio Pardo pela margem direita e alguns de seus afluentes.

O município de São Manuel (Figura 54) é um dos que tem menor porção territorial dentro da BHRP. Mesmo assim, tem importante papel na preservação das águas da bacia por estar em região de cabeceira, contendo várias nascentes do Rio Claro, principal afluente da margem direita do Rio Pardo. A área de seu território dentro da BHRP é de 67,91 km^2, ou 1,41% da bacia. A captação de água para o atendimento da área urbana do município não é feita no território da BHRP. A responsabilidade por esta tarefa é da Sabesp.

Avaré (Figura 55) é o município que ocupa a maior área da BHRP com 734,89 km^2, perfazendo 15,30% da área da bacia. Nele estão contidas algumas das principais nascentes do Rio Novo, principal afluente da margem esquerda do Rio Pardo, e alguns córregos como o da Onça e das Farias, além dos ribeirões Caviúna e Lajeado. Sua área urbana está localizada em região de nascentes e, portanto, merece atenção redobrada uma vez que efluentes sem tratamento e resíduos sólidos e líquidos, se alcançarem os corpos d'água tributários do Rio Pardo, podem percorrer longos trechos, contaminando águas e comprometendo seus usos múltiplos por todo trajeto por onde estes contaminantes se deslocarem.

Além disso, as características de solos rasos e suscetíveis à erosão em algumas áreas do município, principalmente na área urbana,

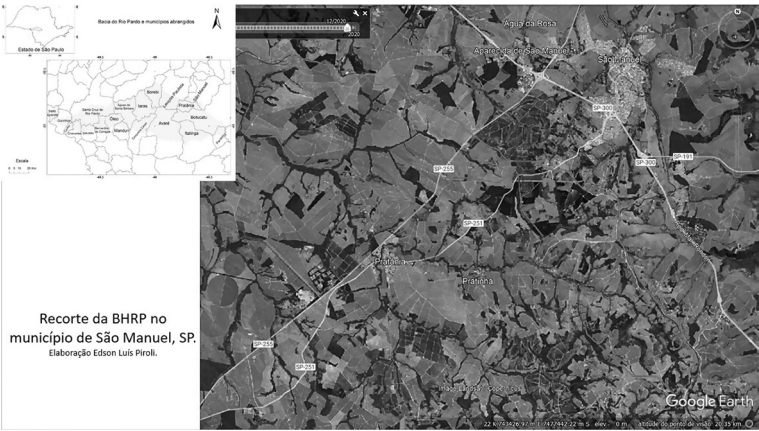
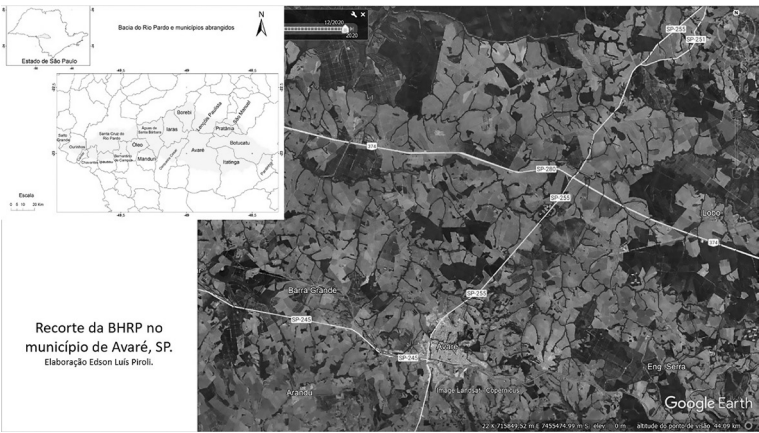
Figura 54 – Território do Município de São Manuel dentro da BHRP

Fonte: elaborado pelo autor

Figura 55 – Território do Município de Avaré dentro da BHRP

Fonte: elaborado pelo autor

trazem riscos de surgimento de processos erosivos e de assoreamento, caso não sejam manejados adequadamente. No subcapítulo que trata da ampliação das áreas urbanas, serão apresentados exemplos de problemas ambientais ocorrido no município de Avaré. A responsabilidade pela captação, tratamento e distribuição da água para a área urbana é a Sabesp, que retira água do Ribeirão Lajeado, do Córrego da Onça e de um conjunto de poços profundos.

O município de Lençóis Paulista apresentado na figura 56, está localizado no lado norte da BHRP, fazendo parte da bacia do Rio Claro. Porção considerável de seu território na BHRP (que abrange 262,82 km^2, ou seja, 5,47% da bacia) é ocupada por cultivos florestais, principalmente com eucaliptos, e por plantios de citros, principalmente laranja. Os principais corpos d'água no município são o Rio Claro e seus afluentes, com destaque para o Córrego Tabunas. A responsável pelo atendimento da população urbana do município com água é o Serviço Autônomo de Água e Esgotos (SAAE).

O município de Borebi (Figura 57), tem uso da terra predominante parecido com o de Lençóis Paulista. Ambos não têm áreas urbanas no território da BHRP, mas tem importante papel na preservação de suas águas por estarem localizados em regiões de nascentes e por ocuparem amplas áreas da Bacia do Rio Claro, principal afluente norte do Rio Pardo. Além do Rio Claro, a hidrografia da área de Borebi na BHRP é composta pelo Rio Turvinho e pelo Ribeirão do Caçador. A área de Borebi na bacia é de 262,99 km^2, ocupando 5,48% da área. A responsável pelo atendimento da população urbana com água é a Prefeitura Municipal de Borebi.

Iaras (Figura 58) é um dos três municípios que tem todo seu território inserido na BHRP, abrangendo 401,60 km^2, ou seja, 8,36% da área da bacia. Tem sua área predominantemente ocupada por plantios florestais e de espécies frutíferas, com predomínio de eucaliptos e laranjas. A responsável pelo atendimento da população urbana com água é a Sabesp. O território do município é cortado pelas águas do Rio Novo, do Rio Claro e do Rio Pardo, além de ter na sua porção norte o Ribeirão Capivara. Mesmo com tantos corpos d'água

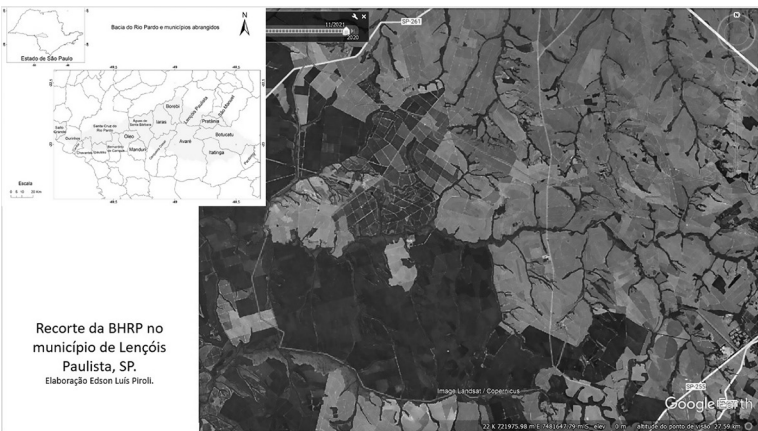
Figura 56 – Território do Município de Lençóis Paulista dentro da BHRP.

Fonte: elaborado pelo autor

Figura 57 – Território do Município de Borebi dentro da BHRP

Fonte: elaborado pelo autor

Figura 58 – Território do Município de Iaras dentro da BHRP

Recorte da BHRP no município de Iaras, SP.
Elaboração Edson Luís Piroli.

Fonte: elaborado pelo autor

Figura 59 – Território do Município de Cerqueira César dentro da BHRP

Fonte: elaborado pelo autor

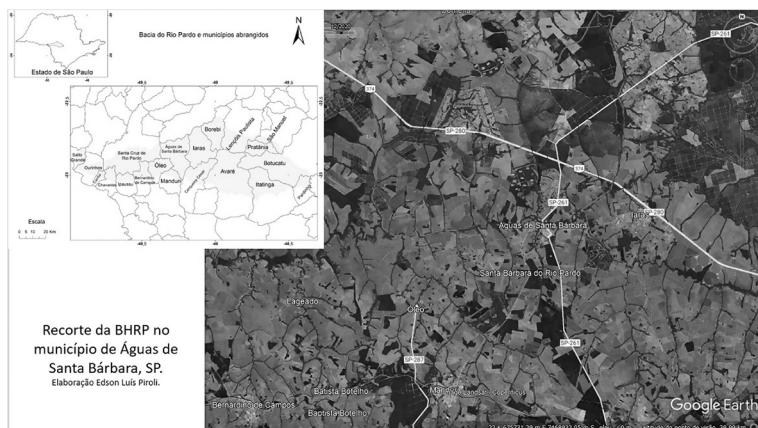
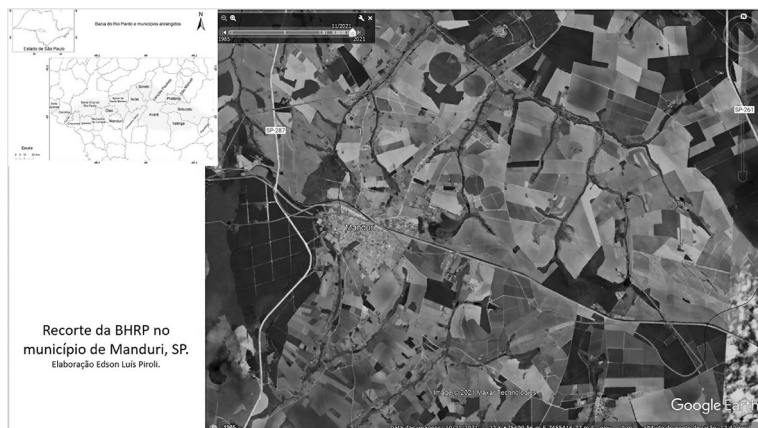
Figura 60 – Território do Município de Águas de Santa Bárbara dentro da BHRP

Fonte: elaborado pelo autor

Figura 61 – Território do Município de Manduri dentro da BHRP

Fonte: elaborado pelo autor

de boas dimensões, a água usada para atendimento da população urbana é retirada de dois poços profundos.

Cerqueira César (Figura 59) é um dos municípios que está localizado no lado esquerdo do Rio Pardo. Seu território é predominantemente ocupado por cultivos agrícolas. Sua área urbana encontra-se no divisor de águas da bacia, se desenvolvendo mais intensamente em direção norte, para a BHRP. A responsabilidade pelo atendimento da população urbana com água é da Prefeitura Municipal de Cerqueira César, por meio do Departamento de Água e esgoto (DAE). A área do município interna à BHRP é de 228,66 km^2 (4,76% da bacia) e os principais corpos d'água do município são o Rio Novo, os ribeirões Três Ranchos e Rosário e os córregos Vareta e Jacutinga.

O município de Águas de Santa Bárbara (Figura 60) é um dos três que tem território integralmente na BHRP, abrangendo 405,05 km^2, ou 8,43% da área da bacia. Nele predominam as culturas agrícolas e os plantios de frutíferas, sobretudo laranjas. Sua área urbana encontra-se na margem do Rio Pardo. No território deste município foi construída a PCH Ponte Branca, que será objeto de análise mais aprofundada no subcapítulo Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) e represamentos. A responsável pelo atendimento da população urbana com água é a Sabesp, que obtém a água de dois poços profundos.

Manduri (Figura 61) é um dos municípios que tem pouco território na BHRP, abrangendo 50,03 km^2, ou 1,04% da área da bacia. Sua área urbana encontra-se localizada no divisor de águas, predominantemente fora da BHRP. Mas, tem potencial de ampliação para o território da bacia. Além disso, observam-se vários pivôs centrais no município, que irrigam amplas áreas de seus solos férteis. A responsabilidade pela coleta, tratamento e distribuição de água, bem como pelo gerenciamento do esgoto é da Superintendência de Água e Esgoto de Manduri (Saeman). Os principais corpos d'água, tributários da BHRP são os afluentes do Ribeirão Água Grande.

Óleo (Figura 62) é um município ocupado por extensos cultivos agrícolas e que tem em sua área várias nascentes de córregos, riachos e ribeirões como o Lajeado e Água Grande que contribuem para a

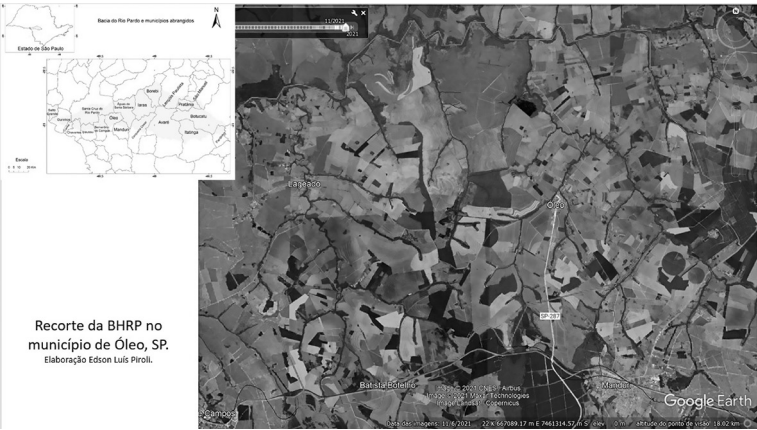
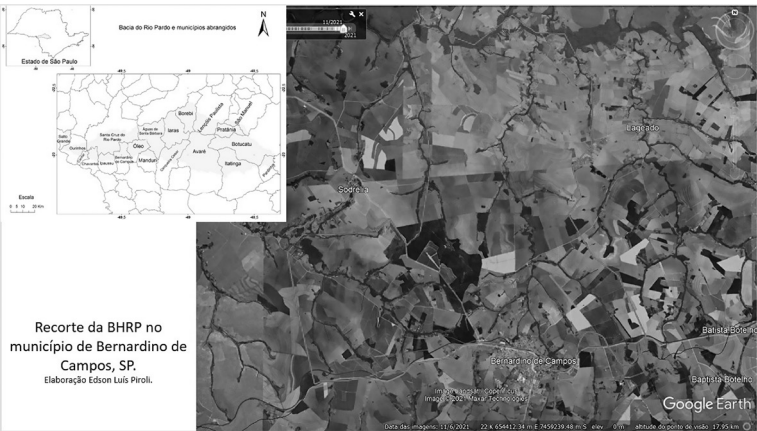
Figura 62 – Território do Município de Óleo dentro da BHRP

Fonte: elaborado pelo autor

Figura 63 – Território do Município de Bernardino de Campos dentro da BHRP

Fonte: elaborado pelo autor

manutenção do volume de água do Rio Pardo. A responsável pelos serviços de água e esgoto na área urbana do município é a Sabesp. A área de Óleo dentro da BHRP é de 170,10 km^2 ou 3,54% da bacia.

Bernardino de Campos (Figura 63) tem área de 100,12 km^2 (2,08% da BHRP) localizados na porção sul da BHRP e tem seu território amplamente ocupado por atividades agropecuárias. Sua área urbana está localizada no divisor de águas da bacia, com ampliação no sentido norte adentrando a BHRP. Neste caso, é importante que sejam adotados procedimentos de proteção do solo e da água para evitar acúmulos de águas pluviais e consequentes erosões e assoreamentos. O principal corpo d'água do município, na área da BHRP é o Ribeirão Dourado. A responsabilidade pelo saneamento básico na área urbana do município é da Sabesp.

O município de Santa Cruz do Rio Pardo (Figura 64) está localizado no Baixo Pardo e é um dos municípios que tem maior trecho do Rio Pardo em seu território. A área do município dentro da BHRP é de 502,24 km^2 ou 10,46% da bacia. A população da área urbana e suas atividades produtivas têm suas demandas atendidas em aproximadamente 70% por águas superficiais do Rio Pardo, pela Sabesp. O restante da água utilizada é oriunda de poços profundos.

Ipaussu (Figura 65) é um município que abrange a região de cabeceiras de alguns córregos que são tributários da margem esquerda do Rio Pardo. A área de seu território na BHRP é de 65,91 km^2 (1,37%), uma das menores áreas de municípios na bacia, é usada principalmente para atividades de agricultura. A responsável pelo saneamento básico na área urbana do município é a Prefeitura Municipal de Ipaussu.

A Figura 66 apresenta a área do município de Chavantes inserida no lado esquerdo da BHRP. Nela é possível observar que a agricultura ocupa quase sua totalidade. A área urbana encontra-se localizada no divisor de águas, quase totalmente inserida na bacia vizinha, e é atendida com água pela Superintendência de Água e Esgoto Chavantes (Saec). O território de Chavantes dentro da BHRP corresponde a 71,07 km^2 ou 1,48% da bacia. O principal corpo d'água do município, tributário do Rio Pardo é o Córrego da Água Morna.

Figura 64 – Território do Município de Santa Cruz do Rio Pardo dentro da BHRP

Fonte: elaborado pelo autor

Figura 65 – Território do Município de Ipaussu dentro da BHRP

Fonte: elaborado pelo autor

Figura 66 – Território do Município de Chavantes dentro da BHRP

Fonte: elaborado pelo autor

Figura 67 – Território do Município de Canitar dentro da BHRP

Fonte: elaborado pelo autor

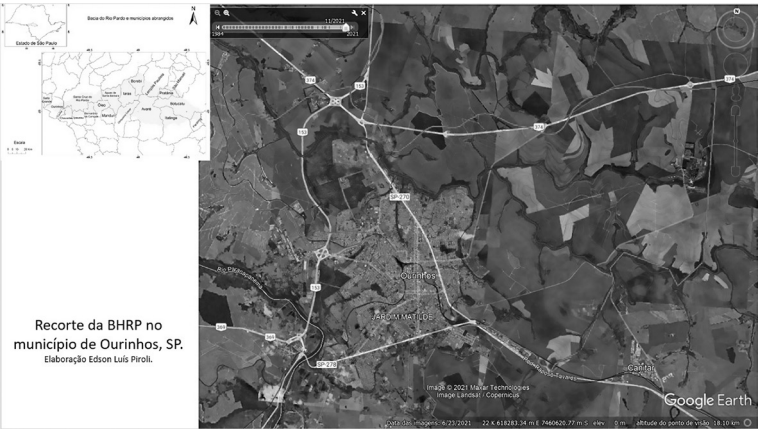
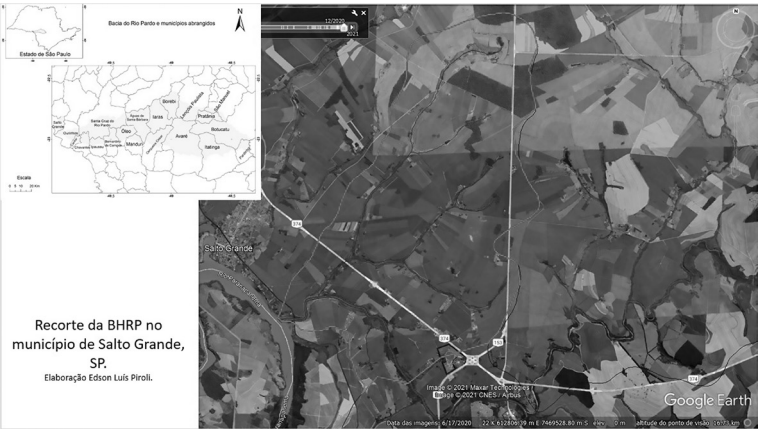
Figura 68 – Território do Município de Ourinhos dentro da BHRP

Fonte: elaborado pelo autor

Figura 69 – Território do Município de Salto Grande dentro da BHRP

Fonte: elaborado pelo autor

A Figura 67 mostra a área urbana de Canitar, quase totalmente inserida na BHRP. Sua área rural é amplamente ocupada por plantios agrícolas, com predomínio da cultura de cana de açúcar. Canitar é o município com menor área dentro da BHRP, com 24,14 km^2 ocupando 0,50% da bacia. A responsabilidade pelo saneamento básico na área urbana do município é do Departamento de Água e Esgoto da Prefeitura Municipal. O município tem sua divisa norte com o Rio Pardo e na bacia deste apresenta alguns pequenos córregos.

Ourinhos, mostrada na Figura 68, é a área urbana que mais demanda água superficial do Rio Pardo. Mais de 90% de sua população, que alcança em torno de 115 mil habitantes é atendida pelas águas do rio. Sua localização no trecho final da bacia, torna a cidade privilegiada pelo volume de água que é concentrado pelo Rio Pardo e seus tributários à montante. No entanto, também coloca a população dependente destas águas sob riscos de consequências relativas ao uso inadequado das águas nos municípios inseridos na bacia, à montante. Da mesma forma, em caso de estiagens e da implantação de controles no volume de água à montante, como no caso de usinas hidrelétricas, Ourinhos pode ficar refém da situação e não ter água suficiente para sua população. Esta questão é amplamente trabalhada ao longo deste livro.

Ourinhos abrange 113,95 km^2 (2,37%) da bacia do Rio Pardo. A responsabilidade pela coleta, tratamento e distribuição de água para a área urbana do município é da Superintendência de Água e Esgoto (SAE).

Salto Grande (Figura 69) é o município onde está localizada a foz do Rio Pardo, no Rio Paranapanema. É nele que está inserida a última microbacia da margem direita do Rio Pardo (do Córrego Água da Limeira). A área do município dentro da BHRP é de 67,33 km^2 (1,40%). O atendimento da população urbana com água é feito pelo Departamento de Água e Esgoto da Prefeitura municipal.

A Tabela 4 sintetiza a área dos municípios na BHRP. Nela é possível observar que as maiores áreas da bacia são ocupadas por Avaré, com 15,30%, Botucatu, com 13,46% e Santa Cruz do Rio Pardo, com 10,46%. Já os municípios com menor área dentro da BHRP são Canitar com 0,50%, Manduri, com 1,04% e Ipaussu, com 1,37%.

Tabela 4 – Áreas de cada município na BHRP.

Município	**Área (km²)**	**Porcentagem da BHRP**
Pardinho	73,79	1.54
Botucatu	646,55	13.46
Itatinga	374,84	7.80
Pratânia	179,13	3.73
São Manuel	67,91	1.41
Avaré	734,89	15.30
Lençóis Paulista	262,82	5.47
Borebi	262,99	5.48
Iaras	401,60	8.36
Cerqueira César	228,66	4.76
Águas de Santa Bárbara	405,05	8.43
Manduri	50,03	1.04
Óleo	170,10	3.54
Bernardino de Campos	100,12	2.08
Santa Cruz do Rio Pardo	502,24	10.46
Ipaussu	65,91	1.37
Chavantes	71,07	1.48
Canitar	24,14	0.50
Ourinhos	113,95	2.37
Salto Grande	67,33	1.40
TOTAL	**4.803,12**	**100,00**

6
Usos da água, intensificação e impactos na BHRP

A nascente principal do Rio Pardo está localizada próxima à área urbana da cidade de Pardinho. A Figura 70 mostra que a região da nascente está localizada em uma área de alta declividade. Nela também é possível observar as plantações e pastagens, típicas da região. A área ao redor da nascente se encontra em torno de mil metros de altitude em relação ao nível médio dos mares.

Figura 70 – Mata ciliar ao redor da primeira nascente do rio Pardo

Foto: acervo pessoal do autor

No local, a primeira nascente do rio Pardo encontra-se em uma área cercada, com matas ciliares secundárias, mostrando intervenção no sentido de protegê-la. Destaca-se que ela se encontra encanada (Figuras 71 e 72), com suas águas sendo direcionadas para caixas d'água, que na sequência fazem a distribuição para as casas da propriedade onde a nascente está inserida. Na análise da água do local, esta apresentou qualidade adequada, dentro dos padrões considerados recomendáveis, com presença de fauna aquática em bom número e variedade.

Figuras 71 e 72 – Nascente principal do rio Pardo, em Pardinho (SP) e caixas d'água para seu armazenamento

Foto: acervo pessoal do autor

As fotos mostradas nas Figuras 71 e 72 apresentam a primeira contribuição do rio Pardo para com a população e com a economia da bacia, pois antes mesmo de começar a correr, suas águas já são destinadas ao uso para dessedentação e como recurso para os moradores do local.

Após percorrer pouco menos de três quilômetros, o rio Pardo, ainda com as dimensões de um córrego, é barrado pouco antes de alcançar a área urbana do município de Pardinho, onde é usado para abastecimento da população, conforme mostrado na Figura 73.

No trecho urbano de Pardinho parte das margens do Rio Pardo estão delimitadas e protegidas por gabiões (Figura 74) e em alguns locais há ocupação com construções até muito próximo do seu

Figura 73 – Represa da Sabesp em Pardinho

Fonte: Google Earth em 2 jun. 2021

barranco. Ao longo da travessia urbana observam-se canos de esgoto e direcionamento da água pluvial captada nas vizinhanças para o rio, além de presença de lixo em seu leito. Não há mata ciliar e na maioria da área urbana sua APP está ocupada com construções e outras infraestruturas.

Após a saída da área urbana, as margens do rio continuam sem matas ciliares e apresentam sinais de erosão e de inundações causadas pelas águas concentradas na cidade, devido à impermeabilização do solo da bacia e consequente acúmulo de água superficial em períodos de chuvas mais intensas.

Um aspecto que chama a atenção ao longo dos corpos d'água da BHRP é o uso da terra de parte considerável de suas APP para atividades produtivas. A Figura 75 mostra pastagem com acesso dos animais à água na APP do médio Rio Novo, no município de Cerqueira Cesar. Isto ocorre devido à necessidade de água para a dessedentação das criações. Para evitar a degradação das matas ciliares, do solo dos barrancos e a contaminação direta da água, podem ser implantados sistemas de captação e de condução da água para fora da APP, utilizando-se cochos para os animais beberem água.

Figura 74 – Ocupação das margens do Rio Pardo em Pardinho (SP)

Foto: acervo pessoal do autor

Figura 75 – Exemplo de corpo d'água sem mata ciliar, com livre acesso do gado às suas margens

Foto: acervo pessoal do autor

Observa-se na BHRP a intensificação da ocupação dos solos por processos produtivos. As paisagens da bacia originalmente cobertas por vegetação predominantemente florestal, atualmente foram quase totalmente substituídas por mosaicos compostos por culturas agrícolas, por pastagens, por reflorestamentos com espécies exóticas e por áreas urbanas e industriais, além de infraestruturas. Desta maneira, de acordo com Lang e Blaschke (2009) a paisagem da BHRP se tornou essencialmente antrópica. Estas mudanças no uso da terra em quase toda a bacia, tem trazido comprometimento no equilíbrio ambiental, sobretudo no ciclo da água.

Neste contexto, no ano de 2021 chegou-se à mais grave crise hídrica da história na BHRP. Nos meses de agosto a novembro, o leito do Rio Pardo teve seu volume de água muito reduzido. Em Ourinhos, última área urbana do rio e maior usuária de suas águas, o Rio Pardo esteve quase seco neste período (Figura 76).

Figura 76 – Rio Pardo em Ourinhos em 14 de novembro de 2021

Foto: acervo pessoal do autor

Tal condição quase levou a SAE (Superintendência de água e Esgoto) de Ourinhos a suspender a captação pelo fato de que as bombas usadas para sucção da água estavam quase expostas, com

lâmina de água abaixo do mínimo recomendado para a água do Rio Pardo ser captada. Se isso tivesse ocorrido, mais de 100 mil pessoas da área urbana do município teriam ficado sem água. As consequências dessa situação, no entanto, seriam muito mais severas, pois Ourinhos é um polo regional, atraindo para a cidade diariamente milhares de pessoas de cidades próximas para as mais diversas atividades. Pessoas essas que também seriam afetadas pela falta de água. O prejuízo para o município, sua população, sua economia e demais atividades, seria enorme. E esse risco continua premente, caso não sejam tomadas providências para reduzir os impactos da intensificação do uso da água na BHRP e adotadas técnicas de manejo integrado da bacia hidrográfica.

Além disso, situações de falta de água em uma área urbana de dimensões consideráveis como a de Ourinhos, trazem como consequência também, a redução do esgotamento sanitário, que demanda água para ser feita. Ou seja, Ourinhos esteve a ponto de ter um colapso no atendimento de água de sua população, o que afetaria além da economia do município, a saúde dos cidadãos, atividades sociais e até mesmo a cultura e a educação das pessoas que vivem ou que realizam suas atividades cotidianas na cidade. Além disso, o tratamento dos efluentes do município também poderia ser comprometido, o que traria consequências para o próprio Rio Pardo, à jusante da cidade, uma vez que parte considerável do esgoto da área urbana, depois de estabilizado em lagoa, é reinserido no leito do rio.

Situação parecida viveu a cidade de Santa Cruz do Rio Pardo, onde quase 50 mil habitantes (70% dos quais atendidos pelas águas do Rio Pardo) também correram o risco de ficar sem água. Funcionários da Sabesp precisaram construir pequenas barragens em parte do rio para direcionar a pouca água disponível até o ponto de captação para manter o atendimento da população.

6.1. E o que levou a BHRP a essa situação?

Para explicar as causas da situação de escassez hídrica na bacia, principalmente no Baixo Pardo, é necessário ampliar a análise para todo território da BHRP e para o conjunto de mudanças que tem ocorrido na cobertura do seu solo no último século. Processo este intensificado nas últimas décadas.

Conforme já indicado no Capítulo 3 a vegetação nativa que cobria o território da BHRP era a Floresta Estacional Semidecidual, com algumas inserções de Cerrado, predominantemente, cerradão. Estas formações vegetais arbóreas mantinham o equilíbrio das águas na bacia. Ou seja, a maior parte da água que precipitava sobre seu território era infiltrada e ficava armazenada no solo alimentando as nascentes ao longo dos períodos em que não chovia. Da mesma forma, não havia retirada de água dos córregos e rios para atendimento de atividades externas, como atualmente acontece, por exemplo, com a irrigação. Também não havia represamentos inseridos no leito dos rios, fazendo o controle das águas em determinados períodos do dia e nem dos meses. Mesmo nos mais secos.

Assim, no contexto original da BHRP havia equilíbrio na distribuição das águas em toda bacia e mesmo em períodos de escassez de chuvas, o solo fartamente irrigado pela água infiltrada durante as chuvas, pouco sofria com a diminuição das águas. Em uma avaliação mais ampla, é possível dizer ainda que mesmo que houvesse menos água em alguns períodos, a demanda humana também era ínfima. Então não existia a necessidade diária de grandes volumes de água para a manutenção de toda uma estrutura produtiva como existe hoje, além do atendimento de população numerosa, que cresce continuamente.

A ocupação da BHRP que se iniciou há mais de dois séculos na região de sua cabeceira, principalmente em Botucatu, se expandiu rumo a oeste ao longo do Século XX e se intensificou sobremaneira nas últimas décadas daquele século e nas duas primeiras décadas do Século XXI. Esta intensificação é decorrente do aumento da população no território da bacia e das mudanças nos hábitos e no estilo de vida das pessoas, tanto das que vivem na bacia quanto no país, e

no mundo, que atualmente demandam muito mais produtos para o atendimento de suas necessidades diárias. E praticamente todos os produtos demandam água para sua produção.

Nesta condição, a BHRP, integrada no sistema nacional e global de produção, passou a necessitar de muito mais água para suas

Tabela 5 – Dados referentes à população total dos municípios que compõem a BHRP

Municípios	**Área (km²)**	**População total (2019)**	**Grau de urbanização (2019)**	**PIB per capita (2017)**
Avaré	1.213,06	87.538	96,97%	30.393
Águas Sta. Bárbara	404,46	5.931	77,59%	25.418
Bernard. de Campo	244,16	10.787	91,34%	21.960
Borebi	347,99	2.579	92,63%	25.021
Botucatu	1.482,64	141.135	96,61%	31.242
Canitar	57,46	4.991	95,47%	40.528
Cerqueira César	511,62	19.213	91,99%	40.233
Chavantes	188,73	12.223	94,15%	17.352
Iaras	401,38	6.894	44,49%	18.530
Ipaussu	209,55	14.506	93,93%	25.821
Itatinga	979,82	20.550	93,17%	15.731
Lençóis Paulista	809,54	66.343	98,21%	39.574
Manduri	229,05	9.525	91,80%	22.343
Óleo	198,94	2.527	71,39%	34.461
Ourinhos	295,82	110.489	97,42%	27.690
Pardinho	209.89	6.392	87,73%	46.075
Pratânia	175,1	5.156	80,99%	22.545
Salto Grande	188,44	9.095	91,99%	23.319
Sta. Cruz Rio Pardo	1.114,75	46.110	93,69%	44.935
São Manuel	650.73	39.574	98.60%	28.180

Fonte: Seade (2019) apud Fernanda Bomfim Soares, 2020

indústrias, para sua população, para geração de energia, e, principalmente, para irrigar suas áreas de produção agrícola, que tem sido demandadas a produzirem cada vez mais para atender às necessidades de um país e de um mundo que consomem cada vez mais e com maior intensidade.

A Fundação Seade (2019) informa que a população da BHRP, no ano de 2010 era de 578.396 habitantes (Tabela 5), se considerar todo território dos municípios que compõem a bacia.

O Comitê da Bacia Hidrográfica do Médio Paranapanema (CBH-MP), Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) na qual a BHRP está inserida indica que a população da área da bacia é de aproximadamente 320 mil pessoas em 2019, com tendência de aumentar para 334 mil pessoas em 2027, conforme pode ser visto no Quadro 9.

Quadro 9 – Projeção da população das sub-bacias da UGRHI 17, com destaque para a BHRP

Unidade de Planejamento Hídrico UPH	População (2015)	Projeção população (2019)	Projeção população (2023)	Projeção população (2027)
Capivara	2010.376	206.519	211.111	215.865
Pardo	317.657	319.939	327.054	334.418
Pari/Novo	103.231	112.521	115.024	117.613
Turvo	52.611	59.598	60.924	62.295
Total UGRHI-17	**683.874**	**698.577**	**714.113**	**730.191**

Fonte: Plano da Bacia do Médio Paranapanema (2016-2027), p.267

O Quadro 9 mostra que a projeção de aumento de população na BHRP entre 2019 e 2027 é de 14.479 pessoas. Se considerarmos um consumo médio de água por pessoa de 200 litros (média brasileira, de acordo com SAE (2021),[1] serão necessários em 2027, 2.895.800 (dois milhões, oitocentos e noventa e cinco mil e 800) litros de

1 https://sae-ourinhos.com.br/2021/03/04/mes-da-agua-cada-brasileiro-consome-media-de-200-litros-de-agua-por-dia-onu-recomenda-110-litros/

água a mais por dia para atender à população que aumentou. Ou 1.056.967.000 (um bilhão, cinquenta e seis milhões, novecentos e sessenta e sete mil) litros de água a mais por ano. É necessário frisar que com mais pessoas na área da bacia, há a tendência de aumentarem as atividades econômicas e produtivas, o que pode ampliar ainda mais a demanda por água.

Considerando-se que esta expectativa seja cumprida, o Rio Pardo, que tem dado sinais de exaustão, ou os aquíferos, que também tem rebaixado na área da BHRP, terão que atender a uma demanda consideravelmente maior dentro de poucos anos. Para que isso seja possível, é necessário que se comecem com urgência, ações visando o planejamento adequado do uso da água na bacia, que sejam criadas estruturas para a gestão e o monitoramento das águas, e, que sejam adotadas em todo território da BHRP, técnicas de manejo integrado das águas e de seu grande reservatório, o solo, visando sua conservação e manutenção no sistema da bacia.

6.1.1 Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) e represamentos

Neste contexto de ampliação da população, as demandas por água são também ampliadas. E se a água é usada com mais intensidade em toda bacia, desde as nascentes dos córregos, até a subterrânea, sobra menos água para chegar ao leito do rio principal, que é o Pardo. E se no leito do rio principal estão implantadas represas que retém a água por algum tempo e que exercem o controle do fluxo, sobretudo nos períodos de escassez de chuvas, o volume de água que chega ao trecho final do rio é ainda mais reduzido.

No caso do Rio Pardo, o problema se torna ainda maior porque as duas principais concentrações populacionais usuárias das águas do rio, estão em seu trecho final, à jusante da PCH Ponte Branca, localizada em Águas de Santa Bárbara (Figura 77), que entrou em operação no ano de 2020. Assim, sofrem as consequências do conjunto de mudanças no uso da terra em toda a bacia e do aumento do uso da

Figura 77 – Barragem da PCH Ponte Branca em Águas de Santa Bárbara (SP)

Foto: Luiz Cavalchuki

água e de seu controle em vários pontos dos tributários, e mesmo do rio principal.

A PCH Ponte Branca foi implantada no ano de 2020 e barrou completamente o leito do Rio Pardo, conforme pode ser visto na Figura 78. Embora oficialmente ela opere no sistema de fio d'água, isso somente ocorre em períodos em que o fluxo de água do rio é constante e normal. Em épocas de estiagem, com redução das chuvas, da infiltração da água no solo para repor a água das nascentes, e consequentemente com a redução do volume de água que brota destas, os córregos têm sua vazão reduzida, o que diminui a água no rio principal e incentiva a PCH a reter parte da água para manter o volume de água na represa.

Nestas condições, a PCH ao reter volume de água maior do que o que chega no reservatório para poder formar a reserva de água necessária para gerar energia, compromete ainda mais o atendimento das demandas dos usuários à jusante, principalmente em Santa Cruz do Rio Pardo e em Ourinhos.

Esta retenção de água por um período do dia e liberação em outro, causa variações na lâmina de água do Rio Pardo à jusante da

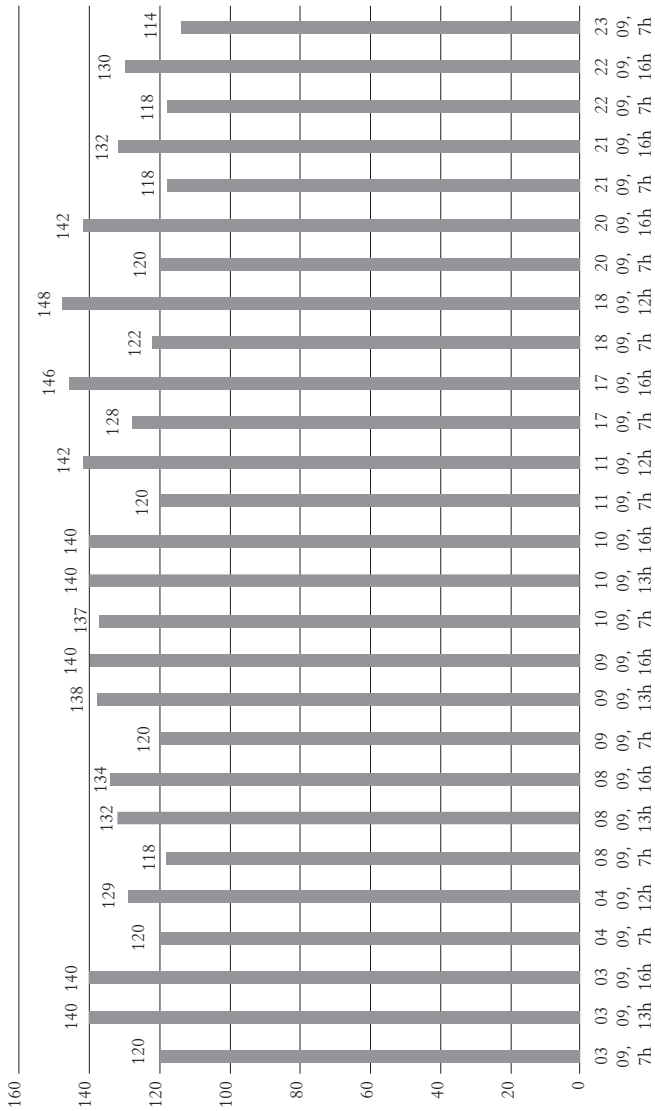
Figura 78 – Rio Pardo barrado pela PCH Ponte Branca e tubulação de passagem de toda água do rio.

Foto: Luiz Cavalchuki

PCH. A Figura 79 mostra o registro desta variação em Ourinhos em alguns dias do mês de setembro de 2021, período em que não ocorreram precipitações na BHRP. A variação representada na Figura 79 é explicada pela retenção de água ao longo da manhã e no início da tarde na PCH Ponte Branca e pela liberação desta água no período da tarde e início da noite, quando a demanda por água para geração de energia elétrica é maior.

Como a distância da barragem até o ponto de captação da SAE em Ourinhos é de aproximadamente 60 quilômetros, a água liberada no período inicial da noite, chega em Ourinhos no período inicial da tarde seguinte. E aquela retida no período da tarde, é responsável pela redução da lâmina de água no início da manhã do dia seguinte em Ourinhos.

Deve-se esclarecer que o volume de água que chega em Ourinhos é em grande parte oriundo dos córregos, riachos e ribeirões que deságuam no Rio Pardo à jusante (após e abaixo) da barragem da PCH Ponte Branca. Ou seja, o impacto do controle do volume de água do leito do rio principal pode ser mais grave se os tributários à jusante do barramento tiverem também seus volumes reduzidos ou retidos.

Figura 79 – Altura da lâmina de água do Rio Pardo na captação da SAE em setembro de 2021

Outro aspecto a ser considerado nesta análise é que a lâmina de água criada pelo represamento da PCH Ponte Branca alcança 120 hectares. Essa água parada e exposta ao calor do sol aumenta as taxas de evaporação, sobretudo nos períodos mais quentes e mais secos do dia. Estudos indicam que na região onde a represa está inserida, a evaporação pode ser superior a 3 mm/m^2, chegando em determinadas condições a 5 mm/m^2 por dia. Isto indica que na represa há potencial para evaporação de algo superior a 3.600.000 (três milhões e seiscentos mil litros de água) por dia, em dias quentes e secos. Se o número de dias com estas características se prolongar, pode haver muitos milhões de litros de água evaporada. Água que sai do rio e deixa de colaborar com o atendimento das demandas.

Embora parte dessa água possa voltar ao sistema da BHRP por meio de precipitações, a tendência é de que a maior parte dela seja transportada pelas massas de ar para outras bacias próximas ou mesmo distantes, o que no balanço hídrico da bacia poderá ser um prejuízo considerável.

Ainda no tocante à PCH Ponte Branca, é necessário ressaltar que a inundação do leito do Rio Pardo e de suas margens, comprometeu importantes áreas de matas ciliares, algumas das quais, primárias. As Figuras 80 (imagens do satélite Sentinel 2) e 81 (imagens extraídas do Google Earth) mostram a área ocupada pelas águas represadas pela PCH e as áreas de matas ciliares perdidas neste processo.

Fundamental ressaltar que o represamento encobriu as margens do Rio Pardo que foram criadas pela dinâmica do rio ao longo de milhões de anos de evolução. E criou novas margens, não estruturadas naturalmente, que serão suscetíveis ao movimento das ondas da água, assim como ao encharcamento que o solo do local passou a ter. Nestas condições, a ocorrência de processos erosivos é potencializada, assim como o assoreamento da represa e do rio à jusante.

Deve-se destacar também que a represa cobriu vários hectares de floresta nativa primária, que estava estruturada no local há milhares de anos. Isto não será compensado em pouco tempo. Provavelmente, nunca mais haja a reconstituição do ecossistema marginal que havia na área, exatamente como se encontrava antes da obra.

Figura 80 – Esquerda: leito original do Rio Pardo. Direita: Rio Pardo represado pela PCH Ponte Branca

Satélite Sentinel 2
09/02/2019

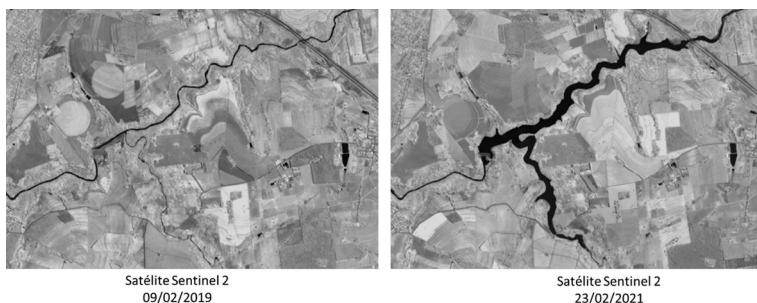
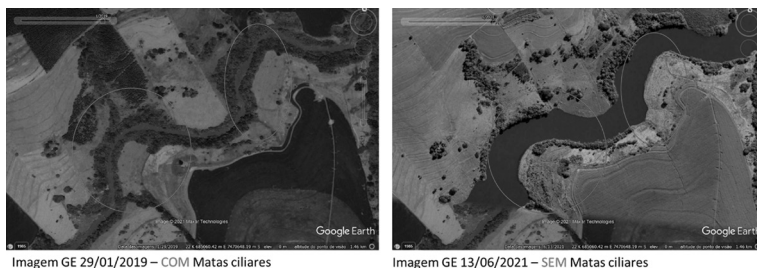
Satélite Sentinel 2
23/02/2021

Fonte: Amorim, A. T. (2021)

Figura 81 – Matas ciliares do leito original do Rio Pardo (à esq.) e matas ciliares do Rio Pardo perdidas pelo represamento da PCH Ponte Branca (à dir.)

Imagem GE 29/01/2019 – COM Matas ciliares

Imagem GE 13/06/2021 – SEM Matas ciliares

Fonte: Google Earth

Há o compromisso da empresa construtora e operadora da PCH de replantar as matas ciliares. No entanto, este compromisso, se cumprido, se aterá ao replantio de um conjunto de espécies arbóreas, conforme preconizado pela legislação. Não serão plantadas na área, as espécies de menor porte, nem rasteiras, nem epífitas, que na área abundavam, conforme pode ser observado na Figura 82.

A Figura 82 mostra que em apenas um galho de uma única árvore que se debruçava sobre as águas do Rio Pardo, em seu encontro com o Rio Novo, havia duas espécies de orquídeas, com vários indivíduos e ainda outras epífitas. A mata ciliar retirada e posteriormente inundada, funcionava como habitat para muitas outras plantas e animais

Figura 82 – Galho de árvore localizada no encontro dos Rios Novo e Pardo, que foi cortada para a implantação da PCH Ponte Branca

Foto: acervo pessoal do autor

de diversas espécies. Ao mesmo tempo, servia de corredor ecológico, permitindo o deslocamento da fauna silvestre pela vegetação arbórea ao longo do rio.

A implantação da represa da PCH Ponte Branca seccionou as matas ciliares, criou novas margens, extinguiu habitats e comprometeu o corredor ecológico, causando prejuízos ambientais irreversíveis em curto prazo. Além, dos prejuízos já indicados no tocante à água do Rio Pardo.

Deve-se ainda considerar que a implantação da PCH trouxe problemas de acesso da população ao rio, comprometendo os usos múltiplos das águas, conforme previsto no conjunto legal brasileiro. A Figura 83 mostra um dos inúmeros avisos de proibição do acesso ao rio, dispostos ao longo da represa.

Além da PCH Ponte Branca, há a previsão de implantação da PCH (São Francisco) logo à montante desta, na foz do Rio Claro, principal tributário da margem direita do Rio Pardo. Caso ela seja implantada, os impactos cumulativos e sinérgicos tendem a ser

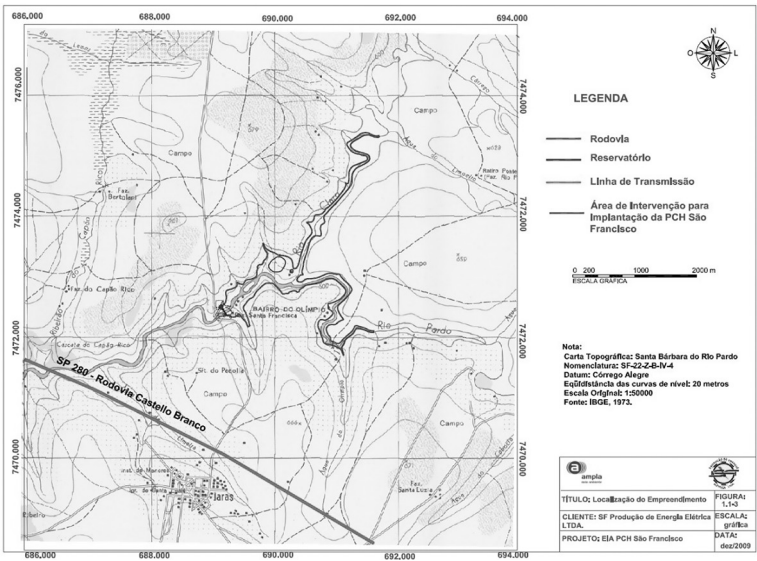
Figura 83 – Placa proibindo o acesso à represa da PCH Ponte Branca

Foto: acervo pessoal do autor

maiores, comprometendo ainda mais o fluxo do Rio Pardo e sua capacidade de atendimento das demandas das populações à jusante na bacia, principalmente das residentes nos municípios de Santa Cruz do Rio Pardo e de Ourinhos.

As Figuras 84 e 85 mostram o local onde a PCH está prevista para ser implantada e as áreas de influência do reservatório.

Ainda com relação ao tema PCHs, é importante ressaltar que no final da década de 2000, a partir de inventário do potencial hidrelétrico do Rio Pardo divulgado pela ANEEL em 2004, surgiram propostas de implantação de 9 PCHS no leito do Rio Pardo e de seus tributários, sendo inclusive, duas no território de Santa Cruz do Rio Pardo e uma no município de Ourinhos, principais usuários das águas do Rio Pardo. A mobilização das comunidades a partir da atuação de ONGs, universidades, imprensa, legisladores e órgãos fiscalizadores e de municípios, impediu que este conjunto de represas transformasse o Rio Pardo em uma sequência de barragens, comprometendo completamente seu ecossistema e o acesso da população à sua água.

Figura 84 – Carta topográfica mostrando onde está prevista a implantação da PCH São Francisco

Fonte: EIA/RIMA PCH São Francisco

Fundamental explicar aqui alguns motivos que levaram a comunidade a reagir contra as PCHs. O primeiro é que a Bacia do Rio Paranapanema, do qual o Rio Pardo é tributário, é uma das que tem mais represamentos em seu território em todo Brasil, inclusive com duas PCHs (na época) no leito de tributários do próprio Rio Pardo. Isso faz com que a contribuição das águas da bacia para a geração de energia elétrica para a população brasileira e para a economia do país já seja muito grande. Ao mesmo tempo, a legislação brasileira relativa às PCHs recomenda estas estruturas para áreas onde haja falta de energia elétrica, o que não é o caso da BHRP. Outro fator que reforçou os argumentos contra as PCHs, é que na época das suas propostas a média de contribuição de cada uma para a matriz energética nacional era de 0,04%. Ou seja, praticamente irrisória. Por causa dessas características o lema da campanha contrária às PCHs foi "Pequenas Centrais Hidrelétricas. Pequenas na geração de energia. Grandes na geração de impactos".

Figura 85 – Área de influência da PCH São Francisco

Fonte: EIA/RIMA PCH São Francisco

Hoje, conhecendo-se os impactos de UM barramento no leito do Rio Pardo (PCH Ponte Branca), somado à intensificação do uso da água por outros setores na bacia e às mudanças climáticas, pode-se inferir que se TODAS as PCHs propostas tivessem sido implantadas, em períodos de redução de chuvas provavelmente Ourinhos e Santa Cruz do Rio Pardo só teriam água para atendimento de suas populações, SE e QUANDO as represas liberassem.

Este apontamento é feito também considerando-se as características das PCHs, mostradas na Tabela 6. Observe-se que as dimensões dos reservatórios propostos eram muito maiores do que aquelas da PCH Ponte Branca (120 ha de lâmina de água, 230,3 metros de barragem, com altura de 20,44 metros). As PCHs Santana e Niagara, que seriam implantadas em Ourinhos e em Santa Cruz do Rio

Pardo, ultrapassavam inclusive, as dimensões previstas pela Resolução nº 394 de 04-12-1998 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que definia Pequena Central Hidrelétrica (PCH) como sendo "toda usina hidrelétrica de pequeno porte cuja capacidade instalada seja superior a 1 MW e inferior a 30 MW, com um reservatório de no máximo 3 km²". A Tabela 6 mostra as características das PCHS inicialmente previstas para Santa Cruz do Rio Pardo e Ourinhos e suas principais características.

Tabela 6 – PCHs propostas e não autorizadas em Santa Cruz do Rio Pardo e Ourinhos

PCH	Santana	Figueira Branca	Niagrara
Localização represa	Ourinhos	Sta. Cruz RP / Bernardino de Campos	Sta. Cruz RP / Óleo
Área reservatório (km²)	7,05	2,07	4,89
Investimento (R$)	107.408.9321,31	94.732.444	102.538.157
Geração anual MWh/ano	108.974	91.980	97.411
Altura da barragem (m)	33	32	33
Comprimento barragem (m)	514,40	380	497,32
Propriedades afetadas	57	17	81

Fonte: EIA/RIMA das PCHs Santana, Figueira Branca e Niagara

Aqui é importante ressaltar que a ação da comunidade, que reunida, coletou mais de 40 mil assinaturas contrárias à implantação das represas, protegeu o Rio Pardo, seu ecossistema e sua capacidade de atender à população e suas atividades com água. Além das assinaturas, lideranças regionais realizaram inúmeras ações e eventos como audiências públicas, reuniões com representantes políticos e dos ministérios públicos federal e estadual, palestras, textos, entrevistas

e similares para chamar a atenção sobre os riscos que o Rio Pardo e a população dos municípios do médio e baixo curso corriam. Parte dessas ações podem ser vistas nas Figuras 86, 87, 88, 89, 90 e 91.

Figuras 86 e 87 – Campanha em defesa do Rio Pardo contra PCHs

Foto: acervo pessoal do autor

Figuras 88 e 89 – Campanha em defesa do Rio Pardo contra PCHs. Participação das escolas

Foto: acervo pessoal do autor

Figuras 90 e 91 – Campanha em defesa do Rio Pardo contra PCHs. Participação da população

Foto: acervo pessoal do autor

Como consequência do movimento em defesa do Rio Pardo, as Câmaras de Vereadores de Santa Cruz do Rio Pardo e Ourinhos aprovaram leis impedindo a implantação das PCHs no território de ambos os municípios.

Resultados como este, de uma população impedir a destruição do ecossistema do rio que a atende, são raros em todo mundo, uma vez que em geral, o discurso da necessidade de energia se sobressai aos demais aspectos e interesses das comunidades. No caso do Rio Pardo, o estudo aprofundado dos RIMA (Relatórios de Impactos Ambientais) das PCHs demonstrou à comunidade regional e seus representantes que a quantidade de energia que poderia ser gerada era ínfima perto dos impactos sobre as pessoas, suas demandas de água e suas atividades produtivas, econômicas, sociais e culturais.

Estes dados usados na medida certa junto às populações, seus representantes e aos órgãos ambientais municipais e estaduais responsáveis pela concessão das licenças fez com que o resultado fosse positivo ao ambiente, à população, ao Planeta Terra e ao futuro da humanidade, que localmente foi protegido a partir da preservação do Rio Pardo e de seu ecossistema.

Mas, a PCH Ponte Branca em Águas de Santa Bárbara, foi autorizada e seus impactos já são sentidos. E o risco de implantação da PCH São Francisco é premente e continua ameaçando o ecossistema do Rio Pardo e sua população.

Diante disso, é preciso reforçar que na atualidade é inadmissível destruir rios, seus ecossistemas e todas as formas de vida a eles relacionadas, para a geração de energia elétrica. Já são dominadas técnicas de geração deste tipo de energia a partir de fontes fotovoltaicas, eólicas, maremotrizes, biomassas, biogás, entre outras, que causam muito menos impactos, que podem ser controlados, e que tem tido seus custos financeiros reduzidos constantemente.

Não se pode esquecer que os rios já prestam grandes serviços para os ecossistemas, para a população do seu entorno e para o Planeta, simplesmente, por existirem, uma vez que contribuem com água, ar puro, alimentos, terras férteis em suas margens, serviços ambientais, corredores ecológicos, equilíbrio climático regional,

fármacos (animais e vegetais), dissolução e transporte de efluentes, entre outros benefícios. Podem contribuir ainda, com atividades de ecoturismo (boias, caiaques, trilhas ecológicas, campeonatos, campings...) e turismo rural (eventos, hotéis fazenda...).

Além das PCHs, a BHRP tem enfrentado outros problemas relacionados ao barramento de seus riachos, ribeirões e rios. Atualmente (no ano de 2022) está sendo construída uma grande barragem, no leito do Rio Pardo, em Botucatu. De acordo com reportagem apresentada pelo *Jornal Acontece Botucatu*, a Represa do Rio Pardo ficará 9 quilômetros à montante da Represa do Mandacaru, acima da Cachoeira do Véu da Noiva. Seu volume total de reservação será de 9 bilhões de litros de água. Sua área chegará a 280 hectares, sendo 130 de Área de Preservação Permanente. A barragem terá 566 metros de extensão, com profundidade que varia entre 15 e 20 metros. (Acontece Botucatu, 14/12/2020). A mesma fonte informa em 01/04/2022 que:

> o início das operações para coleta e represa de água está previsto para o segundo semestre de 2023. A barragem do Rio Pardo garantirá a autossuficiência no abastecimento de água em Botucatu nas próximas décadas. A vazão estimada para atender a população botucatuense nas próximas décadas é de 800 litros de água a cada segundo, muito superior à capacidade média atual de produção do Rio Pardo. (*Jornal Acontece Botucatu*, 1 abr. 2022)[2]

As características da represa indicam que a demanda por água do leito do Rio Pardo, que na área pode ser caracterizado como um ribeirão, para seu enchimento e posterior manutenção, será muito grande, comprometendo quase integralmente o fluxo da água do rio naquele trecho e à jusante por longo período de tempo. A Figura 92 mostra o leito do Rio Pardo no local e a obra sendo executada.

---

2 https://acontecebotucatu.com.br/geral/com-ritmo-acelerado-obras-de-represa-em-botucatu-sao-executadas-no-periodo-noturno/. Acesso em 4 abr. 2022.

Caso este tipo de obra prolifere, sem planejamento adequado, o Rio Pardo correrá riscos cada vez maiores de ter o volume de suas águas reduzido, comprometendo seu papel ambiental, econômico, social, cultural, e, principalmente, de ser o fornecedor de água e de condições de saúde para a população de sua bacia hidrográfica.

Figura 92 – Leito do rio Pardo e obra para seu barramento em Botucatu

Foto: Luiz Cavalchuki

Estas análises devem servir como alerta de que o aumento dos grandes reservatórios no leito do Rio Pardo e de seus tributários pode comprometer definitivamente sua capacidade de atendimento das demandas por suas águas. Devem alertar sobretudo para o risco de o Rio Pardo seguir os caminhos de outros rios pelo mundo que tem tido suas águas reduzidas drasticamente, chegando em alguns casos, a terem seus leitos secos antes de desaguarem em suas fozes, como por exemplo, o Rio Colorado, nos Estados Unidos, o Amarelo e o Tarim na China, o Cauvery e Mahi na Índia, o Indo no Paquistão e o sistema Murray-Darling na Austrália, entre vários outros.

Em todos estes rios, o uso da água sem controle ou sua gestão equivocada, aliada à falta de projetos de manejo integrado do território das bacias hidrográficas, trouxe prejuízos financeiros, conflitos, em alguns casos, com morte de pessoas e destruição de ecossistemas inteiros.

6.1.2 Aumento da irrigação na BHRP

Outro uso da água que se intensificou na área da BHRP nos últimos anos foi a irrigação, principalmente por pivôs centrais. Ao se observar imagens de satélites da área é possível verificar que em todas as sub-bacias ocorreu aumento no número destes sistemas de irrigação. A Figura 93 mostra duas imagens de área localizada próxima à cidade de Santa Cruz do Rio Pardo, no baixo Pardo. A da esquerda é do dia 28/06/2016. Nela não se observa a presença de pivôs para irrigação. Na imagem da direita é possível ver no dia 28/05/2020 a existência de 5 pivôs para irrigação de culturas agrícolas.

Figura 93 – Área próxima à Santa Cruz do Rio Pardo sem pivôs em 2016 (à esq.) e com pivôs em 2020

Fonte: Google Earth

Situação parecida ocorre com todas as sub-bacias da BHRP, com destaque para a sub-bacia do Rio Novo, onde no ano de 2000 existia um único pivô central para irrigação, localizado na porção oeste da área. No ano de 2021 havia ocorrido um aumento para 60 pivôs, espalhados pela sub-bacia, conforme pode ser observado nas Figuras 94 e 95.

As Figuras 94 e 95 mostram que a área irrigada na sub-bacia do Rio Novo se ampliou de 26,4 hectares no ano de 2000 para 2.735,4 hectares no ano de 2021. Isso equivale a um aumento de área irrigada superior a 100 vezes. Obviamente o volume de água necessário para atender a esta ampliação também aumentou na mesma proporção ou possivelmente mais.

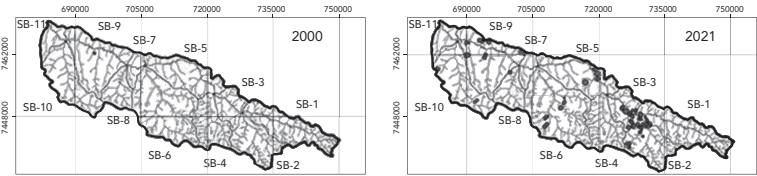
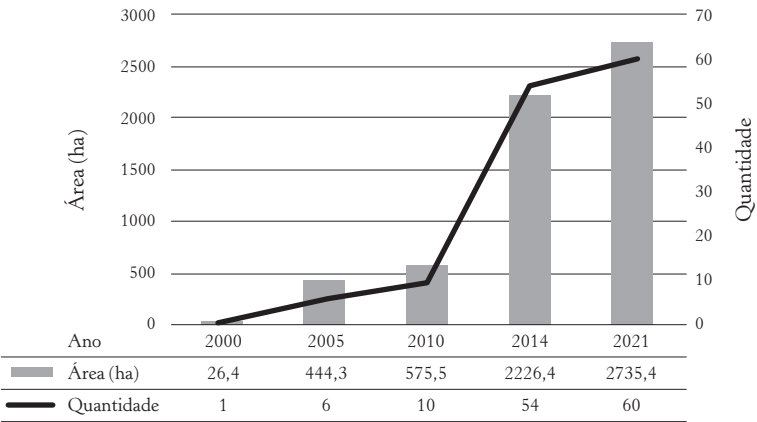
Figura 94 – Distribuição dos pivôs centrais na sub-bacia do Rio Novo

Elaboração: Amorim, 2021

Figura 95 – Número de pivôs e área abrangida entre os anos de 2000 e 2021

Ano	2000	2005	2010	2014	2021
Área (ha)	26,4	444,3	575,5	2226,4	2735,4
Quantidade	1	6	10	54	60

Elaboração Amorim, 2021

Nessa análise é preciso considerar que parte considerável da água usada na irrigação não volta para os corpos d'água e aquíferos de onde é retirada. E, se volta, muitas vezes carrega elementos químicos que comprometem a qualidade da água. A parte que não volta é a que é exportada do local constituindo os produtos retirados, a que é derivada com os ventos e ainda a que evapora com o calor do sol. A Figura 96 mostra dois tipos de irrigação utilizados na BHRP.

Outro fator preocupante com relação ao aumento das áreas irrigadas é o de que a irrigação é realizada com maior intensidade nos períodos de estiagem, justamente quando o volume dos corpos d'água se reduz. Neste contexto, é fundamental que a concessão de outorgas para esta atividade seja objeto de análises aprofundadas da

Figura 96 – Irrigação na BHRP (Alto Pardo, soja, pivô central e Baixo Pardo, feijão, aspersor canhão)

Foto: acervo pessoal do autor

capacidade de atendimento das fontes de água e dos impactos que a retirada poderá trazer ao ambiente e aos demais usuários. Além disso, é necessário que haja fiscalização do uso dos volumes autorizados e o monitoramento contínuo dos corpos d'água visando a manutenção da capacidade de suporte aos usos múltiplos e às demais formas de vida do ecossistema.

6.1.3 Ampliação das áreas urbanas

A população do território da BHRP tem aumentado continuamente. E este crescimento tem ocorrido principalmente nas áreas urbanas. Isto tem feito com que a demanda por água também tenha crescido continuamente nas últimas décadas. Um fator a ser considerado é que o modelo de vida moderno nas áreas urbanas da bacia demanda volumes cada vez maiores de água. A Figura 97 mostra a ampliação de parte da área urbana de Santa Cruz do Rio Pardo entre os anos de 2003 e 2021.

Uma questão importante a se observar é que o aumento das áreas urbanizadas traz como consequência a ampliação da impermeabilização do solo, e em função disso, a redução das taxas de infiltração da água das chuvas, que impedidas de penetrar no solo, escoam superficialmente, indo embora da bacia rapidamente, conforme pode ser visto na Figura 98.

Figura 97 – Avanço da área urbana de Santa Cruz do Rio Pardo entre 2003 e 2021

Fonte: Google Earth

Figura 98 – Água escoando superficialmente em área urbana

Foto: acervo pessoal do autor

Esta água que deixa de infiltrar, além de não contribuir para a recarga do lençol freático, ainda escoa superficialmente, em muitos casos, concentrada, causando inundações e suas consequências, além de processos erosivos, assoreamentos e comprometimento de solos, corpos d'água e de seus ecossistemas. Exemplo desta situação pode ser visto nas Figuras 99 e 100.

Figura 99 – Mudanças no uso da terra na cabeceira da Microbacia do Córrego Água da Onça de 1972 a 2021: (A) 16/09/1972, (B) 14/12/2004, (C) 21/10/2021

Foto: acervo pessoal do autor

A Figura 99 mostra a evolução da área urbana de Avaré sobre a microbacia do Córrego Água da Onça e a consequência da urbanização, que adota na maioria dos terrenos altas taxas de impermeabilização, o que também ocorre nas ruas e acessos. Esta condição impede a infiltração das águas pluviais, e acelera seu escoamento superficial em direção às regiões mais baixas do relevo, para onde são direcionadas por sarjetas e tubulações.

Na cabeceira da microbacia, onde a água concentrada é despejada não há sistemas de proteção do solo ou de redução de velocidade. Isso explica as grandes erosões que tem se tornado voçorocas (chegando ao lençol freático) e se ampliado em velocidade muitas vezes maior do que a dos processos naturais. A Figura 100 mostra o avanço do processo erosivo entre os anos de 2018 e 2019 registrados em trabalhos de campo de pesquisa realizada pelo autor e em imagens de satélite disponibilizadas no Google Earth.

Nas fotografias e imagens de satélite apresentadas na Figura 100 é possível observar que houve avanço do processo erosivo em cerca de 50 metros em um período aproximado de um ano. Este se aproxima com celeridade da Avenida Espanha e das casas que estão a montante, colocando o conjunto de estruturas sob risco. Neste caso, além do prejuízo ambiental causado pela movimentação de grandes volumes de solo e sua deposição em outros locais, modificando o ecossistema, há ainda o risco de prejuízo financeiro e até de perdas de vidas humanas. Destaca-se que na porção nordeste

Figura 100 – Fotografias mostram o avanço do processo erosivo entre os dias 10/07/2018 (A) e 02/07/2019 (B) e imagens de satélite mostram a área nos dias 14/07/2018 (C) e 09/08/2019 (D).

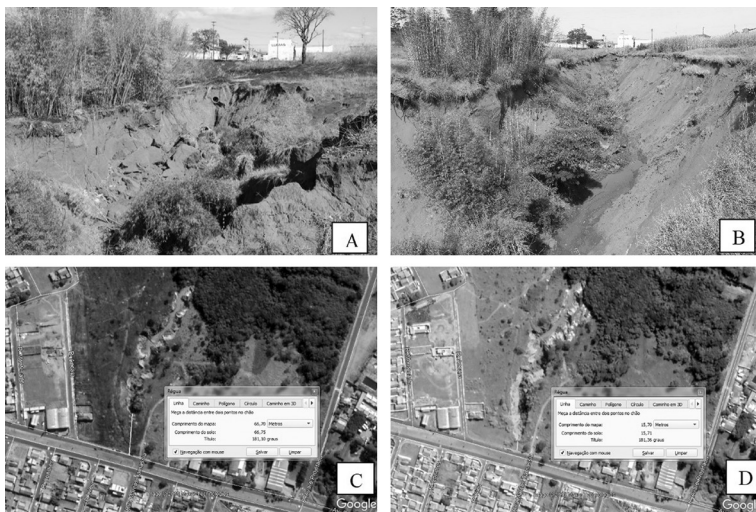



Foto: acervo pessoal do autor

Figura 101 – Assoreamento no Córrego Água da Onça em Avaré (SP)

Foto: acervo pessoal do autor

da Figura 100, letra D (ano de 2019) é possível observar novo processo erosivo com dimensões significativas, não visível no ano de 2018 (letra C) o que indica que se não forem tomadas providências em pouco tempo os dois processos erosivos poderão se encontrar e ampliar consideravelmente a voçoroca.

A principal consequência dos processos erosivos é o assoreamento dos corpos d'água localizados nos fundos de vale. A Figura 101 mostra o Córrego Água da Onça, à jusante do processo erosivo mostrado nas figuras anteriores, completamente assoreado, e as árvores de suas margens mortas em função da mudança nas condições do habitat. Destaca-se que no local havia a captação de água para atendimento da população da cidade, atividade que foi suspensa pelo fato da água ter sido substituída por terra.

Estas situações são de conhecimento da população residente na região, que, conforme levantado em entrevistas, não consegue identificar as origens e as causas destes processos. Da mesma forma, a prefeitura do município conhece o problema e tem tomado algumas iniciativas, que, no entanto, não estão de acordo com a necessidade e nem com a dimensão do problema.

A ampliação das áreas urbanas é comum nas maiores cidades da bacia. Em Ourinhos, a área urbana avançou em quase todas as direções nas últimas décadas. A Figura 102 mostra este avanço no lado norte da cidade, próximo ao Rio Pardo, entre os anos de 2004 e 2022. Destaca-se que durante o período de implantação dos novos bairros, devido ao planejamento ineficiente e à falta de capacidade de manejo adequado das águas pluviais e dos solos, em muitos casos, processos erosivos e assoreamentos se instalam, causando prejuízos ambientais significativos.

A Figura 103 mostra assoreamento de rua e de APP por sedimentos trazidos da área onde foram implantadas as estruturas urbanas em Ourinhos durante a fase de construção. Observe-se que a rua foi cercada para impedir o trânsito devido ao assoreamento. Neste caso, além do prejuízo ao acesso de pessoas às suas residências e locais de trabalho, há ainda o comprometimento da mata ciliar e de sua regeneração, que sob toneladas de terra, morre ou tem seu desenvolvimento seriamente comprometido.

Figura 102 – Avanço da área urbana de Ourinhos em entre 2004 (à esq.) e 2022 (à dir.)

Fonte: Google Earth

Figura 103 – Resultado das ruas no sentido do declive sem redutor de velocidade das águas pluviais em Ourinhos (SP)

Foto: acervo pessoal do autor

6.1.4 Ampliação da produção industrial

A ampliação das plantas industriais para atender ao aumento da demanda pelos produtos fabricados é outro fator de aumento de uso da água tanto como recurso para produção, como em alguns casos, para recebimento e dissolução de efluentes. Ao mesmo tempo, as indústrias aumentam a demanda por energia elétrica, que na área da BHRP ainda é predominantemente fornecida por geradoras hidroelétricas. A Figura 104 mostra exemplo em Santa Cruz do Rio Pardo, onde algumas indústrias aumentaram consideravelmente de tamanho nas últimas duas décadas ampliando assim sua demanda por área impermeável e por água.

Figura 104 – Ampliação industrial em Santa Cruz do Rio Pardo entre os anos de 2002 e 2021

Fonte: Google Earth

Destaca-se que algumas indústrias da área têm adotado, cada vez com mais intensidade, processos ambientalmente corretos, visando atender à ISO 14000, como geração de energia elétrica, coleta de água das chuvas, tratamento integral dos efluentes, entre outras ações que reduzem seus impactos na natureza e nos recursos hídricos.

6.1.5 Impactos antrópicos difusos às águas da BHRP

Dentre os impactos das ações humanas aos recursos hídricos da bacia é possível citar o uso de agroquímicos nas áreas rurais, que

quando aplicados em dosagens erradas e sem os cuidados adequados podem contaminar solo e água, além de causar mortandade de exemplares da fauna silvestre, desde os animais de hábitos terrestres até aqueles que vivem nas águas, além de insetos e outras formas de vida úteis ao planeta, à produção e à humanidade, como abelhas, por exemplo.

Outro problema grave observado em toda BHRP, principalmente em áreas urbanas e periurbanas, é o depósito irregular de resíduos sólidos, das mais diversas origens e o despejo de esgoto ou outros efluentes sem tratamento diretamente nos corpos d'água. A Figura 105 mostra depósito de entulhos em fundo de vale na área da bacia e esgoto in natura sendo jogado em córrego.

Figura 105 – Entulho próximo a curso d'água (à esq.) e esgoto lançado em córrego (à dir.)

Foto: acervo pessoal do autor

Além destes, outro problema importante em algumas áreas urbanas da bacia é a canalização de corpos d'água. Esta ação artificializa o ecossistema, inviabilizando praticamente todas as formas de vida que ali habitavam. Ao mesmo tempo, a maior parte dos córregos que recebem este tipo de obra, não é gerida de maneira a integrá-lo à natureza e nem à vida das pessoas que residem proximamente. Via de regra, nem a APP recebe mata ciliar ou outros usos, como pomares, por exemplo. A Figura 106 mostra o Córrego das Furnas, em Ourinhos, canalizado e com a lâmina d'água uniforme, rasa e exposta ao sol, impedindo o desenvolvimento de peixes e outros organismos, comuns em córregos da região.

Figura 106 – Canalização de córregos, exemplo do córrego das Furnas em Ourinhos (SP)

Foto: acervo pessoal do autor

Figura 107 – Córrego canalizado e com concreto quebrado

Foto: acervo pessoal do autor

Outra questão associada à canalização, e normalmente desconsiderada por quem toma a decisão de fazer estas obras é a de que os córregos em geral estão localizados no nível de base do lençol freático. Ou seja, são áreas de afloramento de água. E esta água que é impedida de brotar na superfície pelo concreto da canalização,

começa a escoar por sob o canal, causando erosões, que com o tempo tendem a solapar a obra do canal, deixando além do prejuízo financeiro, leito de corpos d'água com estruturas quebradas e destruídas. A Figura 107 apresenta exemplo dessa situação em Ourinhos (SP).

Figura 108 – Estrada rural na BHRP, comprometida por erosão e assoreamento

Foto: acervo pessoal do autor

Figura 109 – Alagamento causado por águas pluviais na rodovia Raposo Tavares, Ourinhos (SP)

Foto: acervo pessoal do autor

Problemas ambientais também são observados em estradas rurais da bacia, decorrentes da falta de manejo nas áreas de produção e na própria estrada. Os mais comuns são as erosões e os assoreamentos nas margens e no leito das estradas. A Figura 108 mostra estrada rural assoreada e com água escoando pelo seu leito após uma chuva.

Da mesma forma, o manejo inadequado das águas pluviais em áreas urbanas da BHRP traz consequências severas, tanto ao dia a dia dos moradores (Figura 109), que precisam enfrentar trânsitos caóticos e riscos, como aos recursos naturais da área.

Outro problema a ser destacado é a falta de planejamento e o mau dimensionamento da drenagem urbana em várias cidades. Isso faz com que a água das chuvas seja concentrada em locais específicos, potencializando sua energia e causando processos erosivos como o mostrado na Figura 110, que se encontra localizado na microbacia do Córrego Água da Veada em Ourinhos. Destaca-se que este é o penúltimo córrego da margem esquerda do Rio Pardo.

Figura 110 – Exemplo de obra mal planejada que compromete os recursos hídricos da BHRP

Foto: acervo pessoal do autor

Para piorar a situação ambiental da área mostrada na Figura 110, a prefeitura tentou "recuperar" o local liberando a deposição de resíduos de todos os tipos no local. Os materiais depositados, além de não recuperarem o local, contribuíram para a contaminação do solo e da água, extinguindo as poucas formas de vida que ainda habitavam a área. Ação civil pública conduzida pelo ministério público impediu a continuidade da ação. A Figura 111 mostra o resultado da decisão desastrosa que tentou reverter as consequências da falta de planejamento na gestão das águas pluviais em Ourinhos (SP).

Figura 111 – Tentativa de recuperação de voçoroca com entulhos no Córrego Água da Veada, em Ourinhos (SP)

Foto: acervo pessoal do autor

7
Manejo de bacias hidrográficas para produção de água e segurança hídrica

O manejo de bacias com o objetivo de produzir água e oferecer segurança hídrica para sua população, deve envolver autoridades e representantes municipais e estaduais, pesquisadores, comitês das bacias hidrográficas, Comdemas, órgãos públicos, instituições privadas, escolas de todos os níveis, agricultores, pecuaristas, industriais, imprensa, e representantes e membros da comunidade de toda área da bacia. *Esta força tarefa deve considerar*:

1. As mudanças no uso da terra ocorridas nas bacias hidrográficas,
2. A intensificação do uso da água dos rios, de seus afluentes e das águas subsuperficiais e subterrâneas das bacias,
3. A implantação de grandes reservatórios de água no leito dos rios e de seus afluentes,
4. O aumento considerável das áreas irrigadas no território das bacias,
5. O aumento da compactação e da impermeabilização do solo urbano e rural das bacias,
6. A redução das taxas de infiltração das águas pluviais no solo,
7. A consequente redução da recarga do lençol freático (aquífero livre),

8. A consequente redução do volume de água nas nascentes, córregos e rios;
9. A falta de matas ciliares ao longo de importantes trechos de corpos d'água,
10. A ocorrência de processos erosivos significativos em áreas urbanas e rurais das bacias,
11. O aumento dos processos de assoreamento nos corpos d'água das bacias,
12. O aumento da ocorrência de enxurradas e da perda superficial de água,
13. A intensificação de inundações, principalmente em algumas áreas urbanas,
14. A contaminação das águas das bacias por resíduos sólidos e efluentes,
15. A importância econômica (abastecimento, dessedentação de criações, irrigação, decomposição de efluentes, geração de energia...) das águas dos rios e de seus afluentes,
16. A observação de significativas variações na lâmina d'água e do volume diário, nos corpos d'água em períodos sem pluviosidade,
17. A dependência que cidades da bacia tem da água dos rios e córregos,
18. A legislação estadual, com destaque para a Lei 7.663/1991 (Política Estadual de Recursos Hídricos de São Paulo, no caso deste estado), que ressalta em seu Artigo 4º, incisos de I a VII, a priorização da água para abastecimento das populações, a proteção das águas para atendimento das demandas atuais e futuras e o seu uso múltiplo,
19. A legislação federal, com destaque para a Lei 9.433/1997 (Política Nacional de Recursos Hídricos), que define em seu Artigo 1º, os fundamentos da política, dentre os quais está o Inciso III, que diz: "em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais",

20. A necessidade de SEGURANÇA HÍDRICA para a população das bacias e para as suas atividades econômicas, sociais e culturais.

A partir do conhecimento deste conjunto de características e necessidades, deverão ser desenvolvidas as atividades de planejamento, gestão e manejo integrado das bacias para produção de água e segurança hídrica. *Este conjunto de atividades deve consistir prioritariamente nas seguintes ações*:

1. Inserção da temática dos rios e de suas bacias hidrográficas nos currículos escolares dos municípios da área de cada bacia;
2. Recomposição das matas ciliares dos corpos d'água das bacias;
3. Incentivo ao plantio das reservas legais nas propriedades rurais (obrigatórias e voluntárias);
4. Incentivo à adoção de terraceamentos em áreas de produção agropecuárias;
5. Incentivo ao uso de plantio direto na palha nas áreas de produção agrícola;
6. Investimentos em adequações nas drenagens urbanas da área das bacias;
7. Adoção de técnicas de manejo das águas pluviais e fluviais urbanas;
8. Incentivo à coleta seletiva de resíduos sólidos nas áreas urbanas e rurais das bacias;
9. Incentivo à adoção de técnicas de compostagem de resíduos orgânicos;
10. Incentivo a projetos de reuso de águas servidas no território das bacias;
11. Investimentos na adequação das estradas rurais no território das bacias;
12. Incentivo à arborização de pastagens e à implantação de quebra ventos;
13. Incentivo à implantação de sistemas agroflorestais;

14. Incentivo à implantação de Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN);
15. Incentivo à arborização urbana, tanto nas ruas e avenidas, quanto em praças e parques;
16. Incentivo à coleta de água das chuvas nas residências, empresas e em órgãos públicos;
17. Incentivo à infiltração da água das chuvas em quintais e em áreas públicas como praças e parques;
18. Investimentos na geração de energia fotovoltaica em casas, empresas e órgãos públicos, e onde for possível, em outras formas de energia como eólica, biomassa ou outras, a fim de reduzir a pressão sobre os corpos d'água.
19. Proteção aos remanescentes preservados de vegetação nativa;
20. Criação de corredores ecológicos ligando APPs, reservas legais e unidades de conservação das bacias;
21. Incentivo ao uso racional da água – principalmente nos sistemas de irrigação, com a adoção da irrigação localizada sempre que possível;
22. Apoio às ações do Programa Município Verde Azul (no caso de São Paulo) e nas 10 diretivas, nas quais os municípios concentram seus esforços para desenvolvimento da agenda ambiental (esgoto tratado, resíduos sólidos, biodiversidade, arborização urbana, educação ambiental, cidade sustentável, gestão das águas, qualidade do ar, estrutura ambiental e conselho ambiental);
23. Estabelecimento de parcerias e apoio a atividades de educação ambiental dos Comitês das Bacias Hidrográficas, das escolas, universidades, ONGs e outras;
24. Criação de estruturas para apoio de parceiros na obtenção de recursos de programas públicos e privados;
25. Implantação de projetos para pagamento a produtores rurais pelo serviço ambiental gerado;
26. Monitoramento dos resultados pela análise dos recursos hídricos e da biodiversidade da região;

27. Apoio a pesquisas científicas para levantamento de dados básicos referentes às bacias;
28. Apoio a projetos de extensão universitária para identificação de demandas socioambientais da população e para proposição de soluções;
29. Apoio à articulação dos municípios com território nas bacias, com a finalidade de conservar solo e água e de recuperação ambiental visando a produção de água e a segurança hídrica da população;
30. Agendas dos secretários e prefeitos municipais em bloco com os governos estaduais e com deputados estaduais e federais a fim de pleitear recursos para implementar as ações nas bacias hidrográficas.

7.1. Técnicas de manejo de solo e água para implantar em bacias hidrográficas rurais

Para que haja proteção do solo e da água e para que esta se mantenha no sistema da bacia hidrográfica, é crucial que sejam adotadas técnicas de manejo adequadas a cada condição de cada região e cada município da bacia, bem como a cada uso da terra. Inicia-se esta proposta com a proteção das nascentes, uma vez que são estas que, se manejadas adequadamente irão garantir o suprimento de água que permitirá aos córregos a manutenção do volume de água adequado, o que permitirá que todos os corpos hídricos da bacia se mantenham com volumes de água constantes e maximizados.

7.1.1 Proteção de nascentes

As nascentes são, de acordo com a legislação ambiental brasileira, "um afloramento natural do lençol freático que apresenta perenidade e dá início a um curso d'água" (definição dada pela Lei nº 12.651/2012, Artigo 3º inciso XVII). Ou são ainda "o local onde

aflora naturalmente, mesmo que de forma intermitente, a água subterrânea" (definição dada pela Resolução CONAMA nº 303/02).

Sua proteção pode ser *direta*, quando as ações ocorrem nela ou na área imediatamente adjacente, com os seguintes cuidados prioritários:

- manter a vegetação nativa ao redor delas (matas ciliares),
- evitar cortes profundos no solo próximo a elas,
- evitar plantio de espécies exóticas de grande porte ao redor e próximo a elas,
- evitar contaminação com produtos químicos e orgânicos,
- evitar assoreamento (acúmulo de solo sobre a nascente),
- evitar a presença de animais de criação (bovinos, equinos, suínos...),
- em casos específicos, podem ser construídas estruturas de proteção.

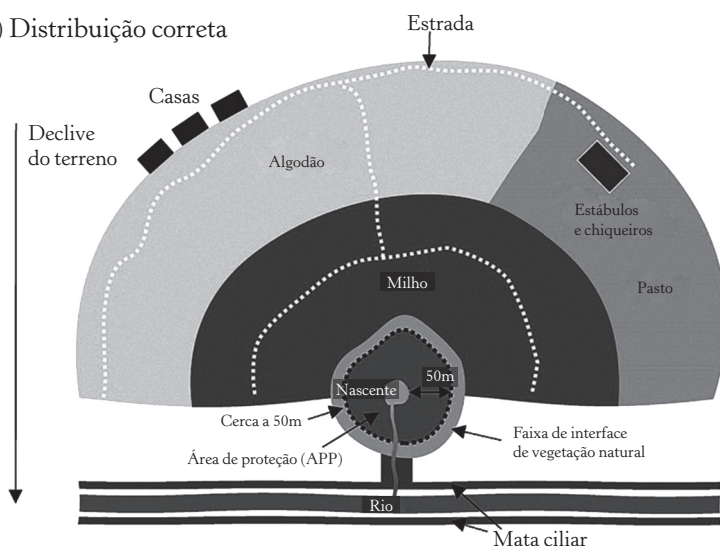
A proteção das nascentes também pode ser *indireta*, cuidando-se da bacia hidrográfica e dos solos onde estão inseridas, com as seguintes ações prioritárias:

- evitar a impermeabilização de grandes áreas (urbanas e infraestruturas),
- evitar a compactação excessiva dos solos nas áreas de produção agropecuária,
- aumentar a infiltração da água das chuvas no solo,
- usar sistemas de plantio direto em áreas de produção agrícola,
- adotar terraços em nível em áreas agropecuárias,
- evitar a extração excessiva de águas subterrâneas,
- manter as matas ciliares,
- plantar reservas legais (obrigatórias e incentivadas),
- manejar corretamente as drenagens urbanas,
- adequar as estradas rurais,
- implantar projetos de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) a produtores rurais e de incentivo à manutenção de áreas permeáveis em cidades,

- adotar sistemas de produção ambientalmente adequados, Sistemas Agroflorestais (SAF), produtos orgânicos, entre outros.

A Figura 112 mostra proposta de distribuição correta dos usos da terra ao redor de nascentes em áreas rurais.

Figura 112 – Distribuição correta dos usos da terra ao redor de nascentes

B) Distribuição correta

Fonte: Calheiros et al., 2004

7.1.2 Terraços em nível nas áreas de produção agropecuária

Terraços em nível formam barreiras físicas que reduzem a velocidade do escoamento superficial, impedindo o surgimento de processos erosivos e evitando a perda da água do sistema das bacias hidrográficas. Esta água que fica retida no solo e infiltra recarrega o lençol freático e também será disponibilizada para as plantas nos períodos entre as precipitações. Isso mantém a produtividade das lavouras e

pastos, mantendo boas condições econômicas para os proprietários rurais, municípios e para o país. A Figura 113 demonstra exemplo deste tipo de estrutura e de seus benefícios. Nela é possível observar que a água retida junto ao terraço já infiltrou no solo, além de não ser possível visualizar a ocorrência de processos erosivos significativos em meio à plantação, mesmo a área apresentando declividade considerável.

Figura 113 – Terraço em nível em área de produção de cana de açúcar

Foto: acervo pessoal do autor

Os terraços em nível também têm papel fundamental na proteção de nascentes e de corpos hídricos. Neste caso, eles devem ser implantados fora das APP, à montante das nascentes e ao longo das margens dos rios. Se a microbacia que contribui para o escoamento superficial da água está protegida por terraços em nível e se a APP está coberta por mata ciliar, a água da nascente e do corpo d'água fica adequadamente protegida, reduzindo-se riscos de erosões, assoreamentos e contaminações. Estas condições preservam a água, o ecossistema e todas as formas de vida que habitam a área (exemplo pode ser visto na Figura 114).

Figura 114 – Terraços em nível à montante de nascente que está protegida também por mata ciliar

Foto: acervo pessoal do autor

7.1.3 Matas ciliares

Deve-se considerar que a proteção mais direta e eficiente aos corpos d'água é dada pela mata ciliar e pelos ecossistemas que elas formam. A Lei Federal Brasileira n.12.651/2012 e complementares define que estas precisam estar implantadas nas margens de rios e ao redor de nascentes. Onde não existirem, devem ser plantadas, pois suas raízes dão proteção e estabilidade para os solos das margens, suas folhas, cascas e troncos que caem sobre o solo protegem-no do impacto das gotas das águas das chuvas, reduzindo o salpicamento do solo e o escoamento superficial. Suas raízes, ao morrerem, deixam caminhos para a infiltração da água das chuvas no solo.

Além disso, as matas ciliares auxiliam na manutenção da integridade biótica e abiótica do sistema, regulando o fluxo e a vazão das águas e filtrando substâncias que chegam ao rio, o que mantém a qualidade de suas águas. Elas funcionam também como corredores ecológicos e abrigo para a fauna silvestre (macro e micro), que desempenha papel importante no equilíbrio dos ecossistemas. A Figura 115 mostra exemplo de proteção dada pelas raízes de árvores da mata ciliar ao barranco de um rio.

Figura 115 – Sistema radicular de árvore mantendo o barranco do rio

Foto: acervo pessoal do autor

7.1.4 Topos de morros e zonas de recarga

Os topos de morro e áreas altas e planas, principalmente nas áreas rurais, também devem ser protegidos, tanto pela determinação legal quanto pela sua importância para a infiltração das águas, uma vez que estas áreas atuam como zonas de recarga. Quando ocorre a retirada da cobertura vegetal nativa nestas áreas sem a adoção de técnicas conservacionistas, as chuvas tendem a causar processos erosivos severos em pouco tempo, levando a camada fértil do solo para os pontos mais baixos, empobrecendo o solo e aumentando os processos de assoreamento das nascentes e córregos localizados à jusante. Esta perda de nutrientes, compromete a capacidade produtiva da área e aumenta a pressão pela abertura de novas áreas para que a produção seja mantida.

Nestes casos, para que a produção continue, há a necessidade de uso de fertilizantes químicos que, além de caros, em alguns casos

contaminam o solo e a água, tornando-os estéreis ao longo do tempo. Nestas situações, com a retirada da vegetação nativa de topos de morros também é perdida a biodiversidade da área e comprometida a capacidade de infiltração e de armazenamento da água no perfil interno do solo, o que traz consequência negativa para a recarga de nascentes que se localizam no sopé dos morros.

Quando se trata de áreas altas e planas, normalmente há o uso intensivo delas para produção agrícola, o que é recomendado em função das características favoráveis à mecanização. Isso, no entanto, não deve liberar os proprietários de tomarem cuidados relativos à proteção do solo e da água. Eles precisam adotar técnicas de cultivo que favoreçam a infiltração da água no solo, visando o aumento da recarga do lençol freático e dos aquíferos profundos, uma vez que estas são consideradas áreas de recarga, e portanto, cruciais para o ciclo da água.

7.1.5 Adoção de técnicas de caráter vegetativo

Estas técnicas buscam a proteção do solo e da água utilizando plantas, que podem ser distribuídas em diferentes espaçamentos e localizadas em diferentes posições nas propriedades e nas bacias hidrográficas. Entre as principais, destaca-se a ampliação dos plantios de espécies arbóreas, que são mais protetoras do solo, e a recomposição das florestas nativas que foram retiradas no processo de ocupação das bacias e das propriedades rurais. Para evitar a redução das áreas produtivas das propriedades, recomenda-se que esta recomposição seja feita em áreas de maiores declividades, encharcadas ou que culturas anuais e pastagens tenham dificuldade em se estabelecer.

Além da ampliação das áreas cobertas com vegetação arbórea, nas áreas onde culturas comerciais são produzidas, práticas vegetativas devem ser adotadas nos períodos do ano em que elas não estão estabelecidas, para evitar que o solo fique exposto (Figura 116). Para isso, utiliza-se espécies vegetais com alto poder de cobertura e de proteção do solo e a manutenção da palhada de colheitas. Podem ser

também adotados sistemas de plantios em faixas com plantas protetoras intercaladas com as espécies menos protetoras. Podem ainda ser utilizados cordões de vegetação permanente e quebra-ventos a determinados espaçamentos com a finalidade de proteger o solo dos ventos (e reduzir o risco das tempestades de poeira) e do impacto direto das águas das chuvas, o que consequentemente fará a proteção das águas.

Figura 116 – Proteção do solo com nabo forrageiro.

Foto: acervo pessoal do autor

7.1.6 Adoção de técnicas de caráter edáfico

Este conjunto de técnicas está relacionado ao uso de medidas que controlem a erosão e que mantenham a fertilidade do solo nas áreas produtivas. Dentre as principais podem ser citadas a adubação verde (incorporação de plantas verdes ao solo), a fertilização química (em casos específicos onde o solo é muito pobre ou exaurido), a adubação orgânica (que usa esterco de animais, resíduos vegetais e compostagens), o impedimento de incêndios (Figura 117) e o controle adequado do fogo (caso este precise ser usado como técnica de manejo).

Destaca-se que a ocorrência de queimadas em áreas rurais, além de ser crime ambiental, traz como consequência o extermínio das

espécies da microfauna, a perda de matéria orgânica, a volatilização de nutrientes e o ressecamento do solo. Este solo seco se torna mais suscetível ao acúmulo de calor, o que amplia o aquecimento do mesmo e do ar próximo a ele, impactando o clima regional, favorecendo processos erosivos eólicos e potencializando a ocorrência de novos incêndios.

Associadas às medidas de caráter edáfico, devem ser adotadas também a rotação de culturas, o preparo mínimo do solo e o plantio direto das culturas agrícolas, visando melhorar a cobertura vegetal do solo para a proteção deste pelas plantas (Figura 118). Além disso, deve-se manter a estrutura do solo e diminuir sua compactação, o que amplia as taxas de infiltração das águas das chuvas.

Figura 117 – Queimada em área rural

Foto: acervo pessoal do autor

Figura 118 – plantio direto de soja sobre palhada seca

Foto: acervo pessoal do autor

7.1.7 Adoção de técnicas de caráter mecânico

Estas utilizam estruturas artificiais para interceptar, reduzir a velocidade e conduzir o escoamento superficial. As mais conhecidas e utilizadas são os terraços em nível nas áreas de plantios e de criação de gado e a distribuição planejada dos caminhos e estradas, buscando implantá-los em nível ou então integrá-los nos sistemas de manejo. Ao se adotar elevações em nível nas estradas rurais, por exemplo, integrando-as no sistema de terraços em nível, as águas das chuvas são distribuídas pelos terraços e ficam armazenadas no solo ao invés de serem concentradas às margens da estrada causando erosões e assoreamentos (Figura 119).

Na Figura 119 é possível visualizar a água retirada da estrada, acumulada junto aos terraços, sendo infiltrada aos poucos. Na mesma linha, é possível utilizar-se de outra medida de caráter mecânico recomendada no manejo de estradas que é a construção de bacias de retenção a determinados intervalos de espaço, minimizando o escorrimento superficial concentrado das águas oriundas das estradas rurais e rodovias, aumentando a infiltração e reduzindo a ocorrência de processos erosivos. A Figura 120 mostra exemplo destas bacias.

Figura 119 – Estrada rural com terraços em nível integrados

Foto: acervo pessoal do autor

Figura 120 – Bacia de captação de águas oriundas das estradas

Foto: acervo pessoal do autor

7.1.8 Cordões de vegetação

Além do conjunto de técnicas indicado, nas áreas rurais também podem ser adotadas outras que apresentam eficiência no manejo das águas. Dentre elas destaca-se os cordões de vegetação, que melhoram as condições climáticas, reduzem a velocidade do vento, retém a umidade do ar e do solo, aumentam o conforto térmico para animais de criação, aumentam a infiltração da água e ainda fornecem matéria prima para atividades que necessitam de madeira na propriedade, ou de outros produtos que as espécies implantadas possam gerar, como frutos, folhas, flores e essências, tendo potencial para gerar renda para os proprietários.

Os cordões de vegetação ocupam pouca área pois podem ser implantados ao longo de caminhos, cercas divisórias internas em propriedades e também nas divisas destas com propriedades vizinhas. Exemplo na Figura 121.

Figura 121 – Cordão de vegetação com eucaliptos

Foto: acervo pessoal do autor

7.1.9 Sistemas de produção integrados

Outras técnicas que podem ser adotadas com resultados ambientais importantes, e que são recomendadas principalmente para pequenos proprietários rurais são os *sistemas de produção integrados*, como os sistemas agroflorestais, silvipastoris ou ambos, visando fazer a integração lavoura-pecuária-floresta. Nestes sistemas, as áreas de produção rurais podem ter plantios de culturas anuais como arroz, milho, mandioca, feijão, etc., integrados a espécies arbóreas, que devem ser plantadas em linhas com larguras definidas em função da necessidade de uso de máquinas para os tratos culturais ou não e da demanda por luz das espécies anuais.

A integração com culturas anuais pode ser feita no primeiro ou nos primeiros anos, dependendo da velocidade de crescimento das espécies arbóreas, da largura entre as linhas e do seu potencial para sombreamento das culturas anuais implantadas. Posteriormente pode ser introduzida a pastagem, como mostrado na Figura 122.

O capim plantado nas entrelinhas das árvores, transforma a área em produtora de animais de corte ou outros produtos, e de madeira

Figura 122 – Sistema silvipastoril com eucalipto, espécies nativas e pasto integrados

Foto: acervo pessoal do autor

e outros produtos florestais. Este sistema, embora mais recomendado para ser implantado em pequenas propriedades, também pode ser adotado em grandes áreas de produção. Traz como benefício o aumento da produtividade por área, a redução dos riscos de perdas econômicas pela variação da produção, e a melhora no microclima, o que oferece conforto aos animais, fazendo com que produzam mais.

Além disso, nestes sistemas ocorre melhor aproveitamento das fertilizações, a ciclagem de nutrientes via extração profunda destes pelo sistema radicular das árvores e acúmulo na superfície pelo depósito de suas folhas e cascas que caem; aumento nas taxas de infiltração da água e ainda a possibilidade de ganhos extras como, por exemplo, com a criação de abelhas ou com a utilização de espécies frutíferas arbóreas intercaladas com as espécies produtoras de madeira.

Quando se pensa em sustentabilidade econômica e ambiental, recomenda-se que todas as propriedades rurais, mesmo as

grandes, reservem parte de suas áreas de produção para implantação de sistemas agroflorestais ou silvipastoris, em função dos benefícios ambientais (além dos financeiros) a que o proprietário e a natureza terão.

7.1.10 Tratamento de resíduos

Nas áreas rurais das bacias hidrográficas também deve ser feito o manejo e o tratamento adequado dos resíduos sólidos (preferencialmente encaminhando-os para a reciclagem), dos efluentes e dos produtos químicos tóxicos, visando a proteção das águas. Os efluentes podem ser gerenciados a partir de técnicas de dissolução ou de inserção no solo, em locais distantes dos reservatórios de água, incluindo da água subterrânea.

Os produtos químicos devem ser aplicados observando-se as normas técnicas e sempre com a preocupação da proteção das águas. As embalagens dos produtos químicos devem ser direcionadas para os locais de coleta, atualmente disponíveis na maior parte dos municípios. Onde estes locais de coleta não existirem, os responsáveis devem acondicioná-las adequadamente em locais protegidos para impedir que sejam utilizadas inadvertidamente ou que contaminem a natureza.

É importante que o produtor e o morador das áreas rurais participem ativamente desses sistemas de gestão pois caso não existam ou sejam mal conduzidos, os riscos para as pessoas, animais e ao ecossistema se tornam grandes e a probabilidade de ocorrência de acidentes se amplia consideravelmente.

7.1.11 Usos múltiplos das propriedades rurais

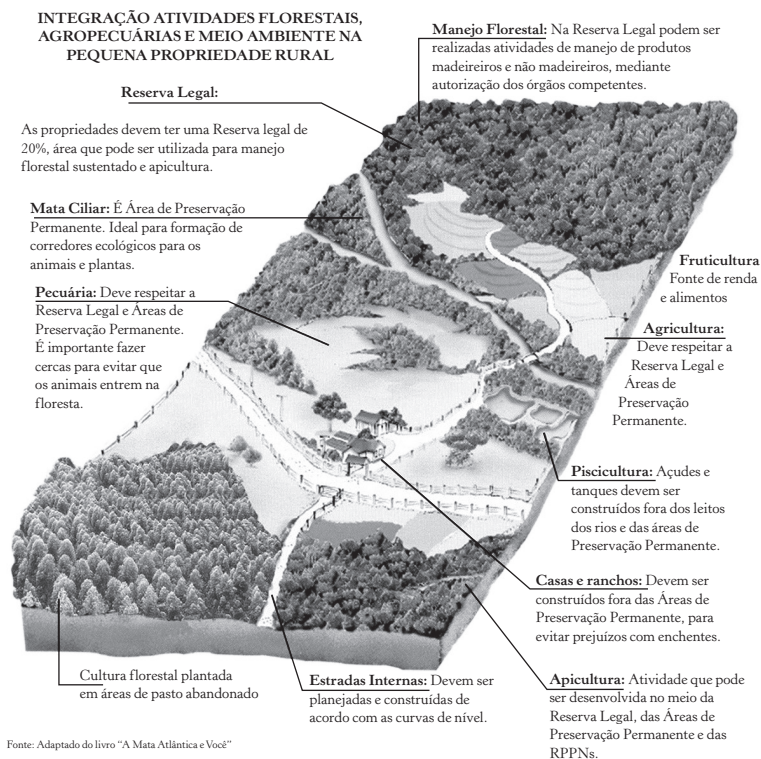
Considerando-se que a maior parte do território das bacias é ocupado por propriedades rurais, se todos os proprietários estiverem cientes da importância de ações conscientes, certamente o ambiente

se torna mais equilibrado e protegido. Mas sobretudo, mais produtivo para os próprios agricultores e pecuaristas, uma vez que uma propriedade com solos e águas bem manejadas, resultará em colheitas mais abundantes, animais mais saudáveis e proprietários mais realizados, tanto em termos financeiros, quanto em termos da sensação do dever cumprido para com sua comunidade, para com o planeta, mas principalmente com sua família e com seu futuro.

Ao mesmo tempo, devem ser desenvolvidas pelos municípios e pelo estado, políticas para incentivo ao uso múltiplo das propriedades rurais, focando principalmente na diversificação de fontes de renda e na proteção dos solos, das águas e demais componentes da natureza. Algumas atividades possíveis são a produção de madeira, lenha, outros produtos florestais não madeireiros, fruticultura, piscicultura, olericultura, apicultura, atividades de ecoturismo e turismo rural, entre outras. Uma estratégia interessante para propriedades um pouco maiores é a implantação de RPPN (Reserva Particular do Patrimônio Natural) uma vez que estas passam a contribuir para a conservação natural e ainda permitem ao proprietário a redução de impostos e a possibilidade de recebimento de outros incentivos. A Figura 123 mostra exemplo de uso múltiplo em propriedades rurais.

No caso de esgotos, estercos e outros dejetos, o ideal é que não sejam produzidos próximo e nem despejados diretamente dentro dos corpos d'água. O correto é levar esses materiais para pontos mais altos do relevo e despejá-los em locais onde possam infiltrar no solo, distantes do lençol freático e dos cursos hídricos para que em seu deslocamento sejam filtrados e a água purificada, conforme mostra a Figura 124.

Com relação às criações de animais o ideal é que não tenham acesso direto aos corpos d'água, tanto para evitar acidentes, quanto para impedir contaminações, e para evitar a destruição de barrancos e de regeneração de vegetação arbórea juvenil. Neste caso, o ideal é implantar desvios de água para dessedentação por meio de regos ou valetas ou ainda usando mangueiras e canos. Neste caso, se não for possível conduzir a água por desnível, podem ser utilizadas

Figura 123 – Uso múltiplo em propriedades rurais

Fonte: http://www.klimanaturali.org/2011/04/modelos-agroecologicos-de-plantio.html (adaptado)

bombas hidráulicas, rodas de água ou carneiros hidráulicos. Uma fonte de energia atualmente interessante para movimentar as bombas hidráulicas é a fotovoltaica, cujos painéis podem ser implantados próximos aos locais de uso.

Para aumentar a proteção das águas, também é recomendado o uso de pontes sobre córregos e riachos para que o gado não atravesse por dentro destes, degradando-os. Além disso, deve-se adotar o uso de gabiões em locais onde o fluxo das águas naturalmente ou em períodos de cheias é forte para a proteção das margens. Estas estruturas protegem os barrancos, mantendo o leito dos rios e reservatórios nas condições ideais, reduzindo processos erosivos e de assoreamento.

Figura 124 – Esgoto e outros dejetos sendo bombeados para pontos mais altos

Fonte: reprodução de https://www.youtube.com/watch?v=mNFFg2uMjpw&t=3s. Acesso em: 12 abr. 2021.

Figura 125 – Língua de borracha perpendicular à estrada rural

Fonte: reprodução de https://www.youtube.com/watch?v=mNFFg2uMjpw&t=3s. Acesso em 12 abr. 2021.

Nas estradas rurais, além das bacias de captação e das barraginhas ao longo de seu leito, também podem ser implantadas, principalmente naquelas de uso pouco intenso, línguas de borracha (feitas com borracha reciclada) parcialmente enterradas e fixadas a caibros a determinados intervalos para que a velocidade de escoamento da água superficial seja reduzida e para que parte da água superficial seja direcionada para as margens, em locais previamente preparados para seu recebimento. A Figura 125 mostra exemplo desse sistema de proteção.

7.2. Técnicas para manejo das águas pluviais em áreas urbanas

Considerando-se que a urbanização do território das bacias tem trazido mudanças profundas nas taxas de infiltração das águas das chuvas, propõe-se algumas técnicas a serem adotadas pelos moradores das áreas urbanas, bem como pelos gestores públicos para redução dos impactos da impermeabilização e para aumento da infiltração.

7.2.1 Tamanho mínimo de terrenos em área urbana

A primeira proposta diz respeito à decisão do poder público municipal. A partir da constatação de que as famílias necessitam de um espaço mínimo que permita atender suas necessidades mais básicas de moradia e que, ao mesmo tempo, todos os terrenos devem manter percentuais de áreas permeáveis para contribuir com a retenção temporária das águas pluviais e para o aumento de sua infiltração no subsolo, ambientalmente, considera-se que não devem ser autorizados loteamentos com terrenos muito pequenos.

Assim, o ideal seria que terrenos em áreas urbanas tivessem tamanhos mínimos superiores a 300 metros quadrados de superfície, e que em qualquer condição em torno da metade do lote deveria ser mantida com cobertura permeável (grama, jardins, pomares, pedrisco, calçadas vazadas, materiais porosos, etc.).

Quando se observa bairro com terrenos pequenos (com tamanhos em torno de 200 metros quadrados) e outro com terrenos maiores (em torno de 400 metros quadrados ou mais), nota-se que nos terrenos menores há poucos espaços sem uso, por onde a água das chuvas poderia infiltrar. Já nos terrenos maiores, mesmo também bastante utilizados, pode-se observar que existem áreas permeáveis em vários deles, o que contribui para a infiltração de parte de água das chuvas, reduzindo o escoamento superficial e a perda de água do sistema.

7.2.2 Estruturas para armazenamento de parte da água das chuvas

Recomenda-se que as construções em áreas urbanas implantem sistemas de coleta de água das chuvas (Figura 126) para que ela não escorra superficialmente e possa ser aproveitada em algumas

Figura 126 – Sistema de captação de água das chuvas

Foto: acervo pessoal do autor

atividades diárias nos períodos entre as precipitações. Isto diminui a magnitude e a frequência das inundações durante as chuvas e reduz a necessidade de trazer água de longe para atender a população e suas demandas. Obviamente estes sistemas precisam ser fechados para evitarem a proliferação de mosquitos.

7.2.3 Jardins filtrantes

Estes são estruturas que podem ser implantadas nos quintais, calçadas, canteiros centrais de ruas e avenidas, em praças e em outros espaços disponíveis. São espaços que favorecem a infiltração e preparados para armazenamento temporário de parte das águas superficiais. Seu efeito pode ser potencializado com indutores de infiltração (poços preenchidos com materiais porosos). Os espaços devem ser preenchidos por plantas paisagísticas (Figura 127).

Figura 127 – Jardim filtrante em Nova York

Foto: divulgação NYC Water

7.2.4 pavimentos permeáveis

Estes pavimentos permitem a infiltração da água das chuvas e podem ser implantados em pátios de casas, praças, estacionamentos de empresas, de shoppings e de supermercados (Figura 128), locais estes que normalmente são grandes contribuintes para o acúmulo e a concentração de água na superfície. No caso da adoção deste tipo de calçamento, é necessário que seja implantado sistema de proteção abaixo do mesmo para evitar que ocorram ondulações e para a manutenção da fertilidade do solo e da qualidade da grama ou outra forração ali introduzida.

Figura 128 – Pavimento permeável com blocos e grama

Foto: acervo pessoal do autor

7.2.5 Calçadas permeáveis

São calçadas e caminhos gramados ou parcialmente asfaltados, ou ainda concretados no centro ou em uma das bordas, deixando a maior parte da área permeável. Este tipo de pavimento, além de favorecer a infiltração da água das chuvas e de reter os excedentes por períodos de tempo maiores ainda, embeleza as ruas deixando-as

mais aconchegantes. Também são chamadas de calçada verde ou ecológica. A Figura 129 mostra exemplo de calçada verde em Ourinhos (SP).

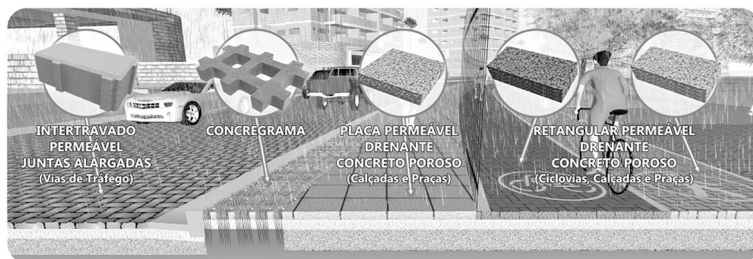
Figura 129 – Calçada permeável com gramado

Foto: acervo pessoal do autor

7.2.6 Pisos permeáveis

Estes são pavimentos feitos com materiais porosos, que permitem a passagem da água, favorecendo a infiltração e reduzindo o escoamento superficial. Existem atualmente várias marcas no mercado e a tendência é que as opções aumentem nos próximos anos. A Figura 130 mostra exemplos.

Figura 130 – Exemplos de pisos drenantes

Fonte: https://adriarq.blogspot.com/2014/11/piso-drenante-placa-drenante-pisos.html

7.2.7 Bacias de infiltração/detenção

Estas estruturas podem ser instaladas em áreas públicas como praças, parques, canteiros centrais de grandes avenidas e em outros locais que as comportem. Tem a finalidade de reter parte da água precipitada e de aumentar as taxas de infiltração. Neste sistema se faz uma escavação na área de interesse, com dimensões adequadas ao volume de água precipitado na bacia de captação, considerando o escoamento superficial das ruas, calçadas e outras áreas impermeabilizadas que contribuem para a concentração da água na superfície. Recomenda-se que no fundo das bacias sejam feitas perfurações para aumentar a capacidade de infiltração das águas.

Estes locais podem ser mantidos com grama plantada no fundo e inclusive serem usados como praças e áreas para a prática de esportes quando não estiverem cheios de água. Também podem ser enchidos com camadas de pedras de tamanhos maiores na base e menores em cima, podendo-se colocar sobre a área uma camada de areia grossa que permita a prática de esportes como vôlei ou futebol de areia nos

Figura 131 – Bacia de infiltração/detenção

Foto: acervo pessoal do autor

períodos em que não houver água acumulada. Este tipo de estrutura pode ser implantado isolado ou em grupos. No caso de grupos, tende a aumentar sua eficiência.

É importante dimensionar adequadamente as bacias de infiltração de acordo com o volume de água que se quer reter e/ou infiltrar. Deve-se evitar implantar este tipo de estrutura próximo a prédios ou construções sem uma análise feita por profissionais habilitados, pois nestes casos, pode afetar as estruturas de sustentação dos edifícios. A Figura 131 mostra exemplo deste tipo de estrutura em São José do Rio Preto (SP).

7.2.8 Valos de infiltração

Estes também são chamados de trincheiras de infiltração. São estruturas implantadas em paralelo a ruas, estradas, avenidas, ao lado de estacionamentos e próximo de conjuntos residenciais. Sua finalidade é concentrar as águas que vêm das áreas próximas e

Figura 132 – Valo de infiltração

Fonte: https://camaramm.files.wordpress.com/2009/10/ilustracoes-de-sistemas-de-manejo-sustentavel-de-aguas-pluviais.pdf. Acesso em 31 ago. 2021

aumentar sua infiltração. Podem, também, armazenar e/ou transportar a água para outros dispositivos de drenagem. Da mesma forma que as bacias de contenção e infiltração, podem ter sua função potencializada se forem implantadas estruturas que aumentem a infiltração, como por exemplo, tubos profundos ao longo da vala (exemplo na Figura 132).

7.2.9 Poços de infiltração

Estes são feitos a partir de escavações, que podem ser cilíndricas, quadradas ou retangulares. Podem conter estruturas de suporte e podem ser preenchidos por pedras para manter sua forma. Estes poços podem ser construídos isolados ou em grupos, com vários conectados entre si. Seu tamanho e número podem variar de acordo com a área de captação e a necessidade de armazenamento. Nestes poços, quando ocorrem as chuvas, parte da água fica armazenada, enquanto outras partes infiltram na base e nas laterais. Toda água que infiltrar e que não esteja excessivamente contaminada com produtos químicos, será purificada ao longo do seu deslocamento nas camadas internas do solo (Figura 133).

Destaca-se que as camadas mais profundas do solo tendem a ser menos compactadas que a superfície, o que facilita a infiltração dos volumes de água direcionados ao poço. Além disso, caso esteja cheio, basta deixar a água escoar pois de qualquer forma ela estaria sendo perdida se não houvesse os poços. Outro aspecto importante é que estas estruturas, como todas as demais construídas pelos seres humanos, também precisam de manutenções periódicas com a finalidade de manter seu pleno funcionamento.

Além deste conjunto de estruturas recomendadas, é importante que nas áreas urbanas das bacias seja feita a manutenção das matas ciliares ao redor dos corpos d’água e das nascentes, e ao longo dos córregos e rios, com a finalidade de preservação destes ecossistemas, permitindo a procriação de espécies da fauna que farão o controle de vetores de algumas doenças, como os mosquitos. As matas ciliares

Figura 133 – Poço de infiltração (trincheira drenante)

Foto: acervo pessoal do autor

também são fundamentais como barreiras para a chegada das águas contaminadas das ruas e dos materiais sólidos por elas transportados no leito dos rios, contribuindo desta forma para a limpeza destes e de suas águas.

Em qualquer das estruturas recomendadas neste capítulo deve-se prever o escoamento da água excedente. Devido a elas terem limites de armazenamento, a sobra de água decorrente de precipitações muito volumosas vai continuar escoando superficialmente e seguindo o caminho que as águas já seguiam antes da implantação das estruturas.

7.2.10 Arborização urbana

A arborização é um componente fundamental para o equilíbrio ambiental e para a qualidade de vida da população residente nas áreas urbanas. Também contribui significativamente para o manejo

das águas pluviais nestas áreas. Ao sombrear as superfícies, reduz a emissão de calor e mantém a temperatura menor, o que influencia na umidade do ar. Ao mesmo tempo, suas raízes trazem água das camadas mais profundas do solo e suas folhas, a partir dos processos fisiológicos, liberam essa água no ar, na forma de umidade.

O ar mais úmido e menos quente, oferece condições ambientais mais adequadas para as pessoas, reduzindo inclusive a necessidade do uso de ares-condicionados, que além de gastarem energia elétrica (oriunda dos reservatórios de água), retiram umidade do ar, ressecando-o e aumentando a temperatura das áreas próximas aos equipamentos, o que multiplicado por milhares ou milhões, contribui para a formação das ilhas de calor nas áreas urbanas.

Figura 134 – Palmeira em calçada, com grade para proteção do espaço-árvore

Foto: acervo pessoal do autor

As árvores urbanas também filtram o ar e retém parte da água das chuvas, auxiliando na infiltração destas no solo e reduzindo os impactos das enxurradas, principalmente daquelas oriundas dos

períodos iniciais das precipitações. Neste contexto, um bom plano de manejo integrado de bacias hidrográficas, deverá considerar em seu bojo, arborizações urbanas feitas com as espécies adequadas, tanto nas áreas públicas, quanto nas áreas particulares, considerando as necessidades de cada árvore para seu pleno e saudável desenvolvimento (exemplo na Figura 134). Em qualquer lugar é possível perceber que a grama, as flores e as árvores criam um ambiente mais agradável e menos árido do que o concreto.

7.2.11 Gestão de resíduos sólidos e efluentes

Ao se trabalhar com técnicas de manejo de águas em áreas urbanas, é fundamental considerar o que fazer com as águas que já foram utilizadas no dia a dia da população e em suas mais diversas atividades. É necessário planejar a coleta, o tratamento e o direcionamento dos efluentes, visando sua reinserção no sistema hídrico da bacia.

Para que todas as atividades que demandam água em uma bacia hidrográfica a tenham em condições adequadas, é importante que o manejo integrado das águas considere a geração e a destinação de resíduos. Tanto os sólidos quanto os líquidos. E, neste contexto, é preciso que sejam implantados sistemas de coleta e reciclagem de resíduos sólidos, bem como sejam desenvolvidas campanhas para redução da geração deles.

Entre estes resíduos sólidos, deve-se lembrar do tratamento daqueles orgânicos, que podem ser compostados e transformados em adubos, gerando renda para a população ao invés de serem descartados e contaminarem o ambiente.

Da mesma forma, os efluentes gerados nas áreas urbanas devem ser tratados antes de voltarem aos corpos d'água. Este é um dos maiores desafios da gestão de recursos hídricos uma vez que a maioria dos municípios brasileiros ainda não tem projetos eficientes de tratamento integral dos seus resíduos líquidos. Mas é urgente que todos desenvolvam políticas nesta direção em função dos impactos cada vez maiores destes rejeitos nos recursos hídricos que tem

se tornado cada vez mais escassos. O Marco Legal do Saneamento Básico (Lei 14.026 de julho de 2020) deve ser compreendido e implantado pelas prefeituras e usuários rapidamente, visando a redução das contaminações, principalmente das águas superficiais.

Embora nas áreas rurais o volume de resíduos e efluentes sejam em geral menores, estas também precisam de planejamento, gestão e manejo eficazes destes materiais, pois somando-se pequenas áreas contaminadas por toda a bacia, se pode chegar a grandes comprometimentos ambientais.

Um outro aspecto crucial nas áreas urbanas brasileiras, e que não é diferente na maior parte das bacias é a má gestão das águas coletadas no ambiente e tratadas para atendimento à população. Em muitos casos as perdas dessas águas, que tiveram custos altos para captação e tratamento, são altas e os prejuízos em termos monetários, imensos. Além destes há ainda os prejuízos ambientais, pois as águas perdidas precisam ser substituídas, aumentando a retirada dos mananciais e comprometendo ainda mais ecossistemas que naturalmente já são frágeis.

7.2.12 Diagnósticos a serem realizados em bacias hidrográficas urbanas

Para o conhecimento total e a adoção das técnicas adequadas de planejamento, gestão e manejo das águas pluviais urbanas é fundamental que o conjunto de diagnósticos listado a seguir seja elaborado (PIROLI, 2016). O primeiro é o **diagnóstico das condições atuais e anteriores** de cada uma das microbacias da cidade. O próximo é o **diagnóstico das condições físicas, biológicas, sociais e econômicas**. A seguir deve ser feito o **diagnóstico das diretrizes ambientais estabelecidas pelo poder público**. Posteriormente, é preciso realizar o **diagnóstico dos impactos ambientais**. Em seguida, elabora-se o **diagnóstico dos sistemas de participação comunitária**. A próxima etapa é a **proposição e criação de dispositivos legais e administrativos**. Após esse conjunto de levantamentos

é preciso fazer a **proposição de sistemas para aproveitamento total das águas**. Para finalizar é fundamental que os sistemas propostos sejam **implantados, monitorados e mantidos**.

7.2.13 Educação ambiental, sensibilização e conscientização

A Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA), Lei n.9.795, de 27 de abril de 1999, determina que a educação ambiental deve estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e não formal, de maneira interdisciplinar. Ela tem um papel crucial na formação cidadã das pessoas, contribuindo para que futuros gestores públicos e privados, assim como futuros legisladores, tenham contato com as questões ambientais e as compreendam. Desta forma, as decisões a serem tomadas terão bases técnicas e sólidas, o que reduzirá os impactos de decisões mal tomadas.

Neste contexto, é importante destacar que a educação ambiental tem o caráter oficial, organizado conforme a lei e os pressupostos do Ministério da Educação com o objetivo de levar o conhecimento até alunos e comunidades. Já a sensibilização vai além, buscando a percepção das consequências das ações descompromissadas com o meio ambiente e da necessidade de mudanças na vida diária. A conscientização ocorre quando a pessoa, detentora do conhecimento da importância do ambiente equilibrado e sadio, e sensibilizada para perceber o papel que pode exercer no dia a dia, adota um estilo de vida sustentável, comprometido com a economia de recursos naturais e o reuso, sempre que houver a possibilidade.

A Figura 135 mostra exemplo de campanha ambiental educativa, que informa a importância da infiltração de água no solo para a redução dos riscos de inundações.

Figura 135 – Placa lembrando a importância das áreas permeáveis

Foto: acervo pessoal do autor

Considerações finais

O atual contexto de mudanças climáticas, de redução da segurança hídrica, que traz também a diminuição da segurança alimentar, da segurança econômica e o risco da degradação do modelo de vida moderno, para um número cada vez maior de pessoas ao redor do mundo é preocupante e desafiador. Para a convivência harmônica com a natureza transformada, é necessário seu conhecimento e, em muitos casos, a recuperação das áreas excessivamente degradadas, visando sua reinserção nos ciclos naturais e nos processos produtivos em um contexto de uso dentro das capacidades de suporte da ocupação e exploração de cada ecossistema.

O planejamento do uso dos recursos naturais, sua gestão adequada e o manejo integrado de bacias hidrográficas podem contribuir significativamente para isso, uma vez que são conjuntos de técnicas e métodos que podem diminuir riscos e garantir qualidade de vida à população, bem como a manutenção da qualidade dos ecossistemas, tanto para o cumprimento de seu papel natural, como para a produção de alimentos, fibras, matérias primas, e, principalmente água.

Para isso, as bacias hidrográficas precisam ser conhecidas e geridas adequadamente, considerando-se suas características naturais, seu modo de ocupação e a forma como seus recursos naturais são

utilizados. A observação dos limites de uso que cada componente da natureza tem para determinados períodos de tempo é crucial para a perpetuação de sua capacidade de atendimento das demandas humanas.

No planejamento, na gestão e no manejo integrado das bacias, os rios, que são as veias e artérias do Planeta Terra, uma vez que transportam o líquido mais precioso, que permite todas as formas de vida e que dá suporte a todo modelo econômico, cultural e social da humanidade atualmente, devem ser tratados com a maior prioridade. Permitir que sejam barrados, contaminados, poluídos, enfraquecidos, destruídos, é permitir o colapso do planeta, dos ecossistemas a eles associados e a destruição da própria humanidade.

Neste contexto, espera-se que este livro, ao trazer um conjunto de análises, fundamentadas em exemplos aplicados, tenha trazido contribuições para técnicos, gestores, legisladores, fiscalizadores, professores, pesquisadores, membros de comitês de bacias e pessoas em geral que se interessem pelo trabalho com o patrimônio hídrico das bacias hidrográficas. Optou-se por trabalhar com exemplos aplicados em uma bacia hidrográfica específica com a finalidade de demonstrar a importância do conhecimento acumulado e aprofundado da área em que se está trabalhando para a obtenção de resultados potencializados.

Referências

AMORIM, A. T. *Proposta metodológica para identificação e definição de áreas prioritárias à conservação e preservação ambiental em bacias hidrográficas*. Presidente Prudente, 2021. Qualificação de doutorado (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista.

BRASIL. *Lei Federal 9.433* de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília: Presidência da República, 1997.

BRASIL. *Lei Federal n.12.651*, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação. Brasília: Presidência da República, 2012.

BRASIL. *Resolução Conama 303* de 20 de março de 2002. Define parâmetros, definições e limites de áreas de preservação permanente. Brasília: Presidência da República, 2002.

BRASIL. *Resolução Conama 357* de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, 2005.

BUENO, O. C. et al. *Mapa de fertilidade dos solos de assentamentos rurais do estado de São Paulo:* contribuições ao estudo de territórios. Botucatu: Fepaf, 2007.

CALHEIROS, R. O. et al. *Preservação e recuperação das nascentes de água e de vida*. 2.ed. São Paulo: SMA, 2006. Disponível em: https://sigam.ambiente.

sp.gov.br/sigam3/Repositorio/222/Documentos/Cadernos_Mata_Ciliar_1_Preservacao_Nascentes.pdf.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO MÉDIO PARANAPANEMA. *Plano de bacia da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Médio Paranapanema (UGRHI-17)*. São Paulo: CBH-MP, 2007. Disponível em: http://cbhmp.org/publicacoes/pbh/plano-de-bacia-2007/.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO MÉDIO PARANAPANEMA. *Plano de bacia da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Médio Paranapanema (UGRHI-17)*. São Paulo: CBH-MP, 2017. Disponível em: https://cbhmp.org/publicacoes/pbh/.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA RIO PARANAPANEMA. *Plano integrado de recursos hídricos da unidade de gestão de recursos hídricos Paranapanema*. Brasília: 2016. Disponível em: https://www2.paranapanema.org/plano-de-bacia/.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais*. Org. Rachel Barly Prado, A. Paula Dias Turetta e A. Granato de Andrade. Rio de Janeiro, 2014.

FREIRE, O. *Solos das regiões tropicais*. Botucatu: Fepaf, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Censo Demográfico 2000 e 2010*. Rio de Janeiro, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Manuais Técnicos em Geociências, número 7 – Manual técnico de uso da terra.* 3.ed. Rio de Janeiro, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Manual Técnico da vegetação brasileira.* Rio de Janeiro, 1992.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Manual técnico da vegetação brasileira*. Sistema Fitogeográfico Brasileiro. Rio de Janeiro, 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Mapa de clima do Brasil*. Rio de Janeiro, 2002.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). *Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo: 1:1.000.000.* São Paulo: IPT, v.II, 1981.

KIEHL, E. J. *Manual de edafologia:* relações solo planta. São Paulo: Ceres, 1979.

LANG, S.; BLASCHKE, T. *Análise da paisagem com SIG*. Tradução Hemann Kux. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

OLIVEIRA, J. B. et al. *Mapa pedológico do Estado de São Paulo*: legenda expandida. Campinas: Instituto Agronômico; Embrapa Solos, 1999.

PERUSI, M. C. *Discriminação de Argissolos e avaliação da estabilidade de agregados por vias seca e úmida em diferentes sistemas de uso e manejo.* Botucatu, 2005. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

PIROLI, E. L. *Água:* por uma nova relação. Jundiaí: Paco Editorial, 2016.

PIROLI, E. L. *Geoprocessamento aplicado ao estudo do uso da terra das áreas de preservação permanente dos corpos d'água da bacia hidrográfica do rio Pardo*. Ourinhos, 2013. Tese (Livre Docência em Sensoriamento Remoto e geoprocessamento) – Universidade Estadual Paulista.

RODRIGUEZ, J.M.M.; CHAPLE, M.C. *Metodologia de Planejamento da Paisagem*. (Relatório Científico para a Fapesp). Presidente Prudente, 2009.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. *Mapa geomorfológico do estado de São Paulo*. São Paulo: DG-FFLCH-USP, IPT, Fapesp, 1997.

SAFRE, A. L. S.; MANZIONE, R. L. Estimativa da precipitação na bacia do Rio Pardo no verão 2013/14 e seus efeitos nos municípios da UGRHI – 17. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XVII, 2015, João Pessoa. *Anais*... São José dos Campos: INPE, 2015. p. 4.868-4.874.

SANTOS, R. F. dos. *Planejamento ambiental*: teoria e prática. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SÃO PAULO. *Inventário florestal da vegetação natural do Estado de São Paulo*. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente; Instituto Florestal; Imprensa Oficial, 2005.

SOARES, F. B. *Planejamento ambiental e proposta de metodologia para manejo do solo e da água da bacia hidrográfica do Rio Pardo, São Paulo – Brasil*. Presidente Prudente, 2020. Qualificação de doutorado (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista.

Na atualidade, os temas de produção de água, segurança hídrica e mudanças climáticas alcançam visibilidade crescente e são discutidos nos meios acadêmicos, científicos, de comunicação e em parlamentos de todo o mundo. No entanto, precisam ser compreendidos e apropriados pelos gestores locais e regionais, por técnicos e pela população e seus representantes, para que as ações locais sejam condizentes com as discussões e o conhecimento globais.

Este livro mostra a aplicação de técnicas de diagnóstico, de análises de áreas de municípios e de manejo integrado de bacias hidrográficas. Propõe ainda um conjunto de ações que visam envolver as comunidades na tarefa crucial de aumentar os volumes de água dos rios, potencializar a segurança hídrica da população e auxiliar na mitigação das mudanças climáticas nos territórios de bacias hidrográficas.

Quando todas as bacias hidrográficas do Brasil e do mundo forem manejadas integralmente, seus solos, suas águas, seus ecossistemas e suas populações humanas serão mais saudáveis e poderão gozar de adequada segurança hídrica, alimentar e climática.

Edson Luís Piroli, engenheiro florestal, é mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), doutor em Agronomia e livre-docente em Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento, ambos pela Universidade Estadual Paulista (Unesp). É professor associado no curso de graduação em Geografia, na Unesp, *campus* de Ourinhos, e no Programa de Pós-Graduação em Geografia da Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT) da Unesp, *campus* de Presidente Prudente. Atua nas áreas de manejo, planejamento e gestão ambiental de bacias e microbacias hidrográficas e de áreas de preservação permanente (APP), com ênfase na aplicação do Sensoriamento Remoto como fonte de dados e do Geoprocessamento como técnica de análise. É coordenador do Grupo de Pesquisa Segurança Hídrica e bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq – Nível 2.